

1/3/2 (Item 2 from file: 351)
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2006 The Thomson Corp. All rts. reserv.

013532331 **Image available**
WPI Acc No: 2001-016537/ 200102
XRPX Acc No: N01-012483

Plasma process device to maximize plasma excitation efficiency

Patent Assignee: OHMI T (OHMI-I); TOKYO ELECTRON LTD (TKEL)

Inventor: HIRAYAMA M; OHMI T

Number of Countries: 029 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
WO 200074127	A1	20001207	WO 2000JP3365	A	20000525	200102	B
EP 1115147	A1	20010711	EP 2000931563	A	20000525	200140	
			WO 2000JP3365	A	20000525		
KR 2001072001	A	20010731	KR 2001700855	A	20010119	200208	
TW 477009	A	20020221	TW 2000110159	A	20000525	200305	
JP 2001500327	X	20021224	WO 2000JP3365	A	20000525	200313	
			JP 2001500327	A	20000525		
KR 416308	B	20040131	WO 2000JP3365	A	20000525	200428	
			KR 2001700855	A	20010119		
US 20040221809	A1	20041111	WO 2000JP3365	A	20000525	200475	
			US 2000678741	A	20001004		
			US 2004861388	A	20040607		
US 6830652	B1	20041214	WO 2000JP3365	A	20000525	200501	
			US 2000678741	A	20001004		

Priority Applications (No Type Date): JP 99186258 A 19990526

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 200074127 A1 J 48 H01L-021/3065

Designated States (National): JP KR US

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU

MC NL PT SE

EP 1115147 A1 E H01L-021/3065 Based on patent WO 200074127

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT

LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

KR 2001072001 A H01L-021/205

TW 477009 A H01L-021/3065

JP 2001500327 X H01L-021/3065 Based on patent WO 200074127

KR 416308 B H01L-021/205 Previous Publ. patent KR 2001072001

Based on patent WO 200074127

US 20040221809 A1 C23C-016/00 Cont of application WO 2000JP3365

Cont of application US 2000678741

US 6830652 B1 H01L-021/00 Cont of application WO 2000JP3365

SR
A1+A2
A17

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2000年12月7日 (07.12.2000)

PCT

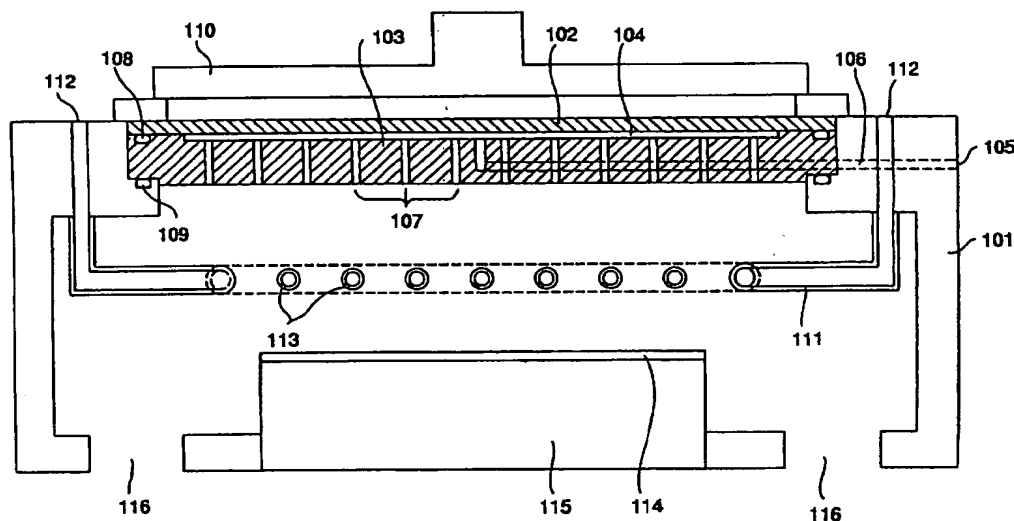
(10) 国際公開番号
WO 00/74127 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/3065, 21/205, H05H 1/46 (71) 出願人 および
(72) 発明者: 大見忠弘 (OHMI, Tadahiro) [JP/JP]; 〒980-0813 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1-17-301 Miyagi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/03365 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 平山昌樹 (HIRAYAMA, Masaki) [JP/JP]; 〒984-0806 宮城県仙台市若林区舟丁52-103 Miyagi (JP).
- (22) 国際出願日: 2000年5月25日 (25.05.2000) (74) 代理人: 伊東忠彦 (ITO, Tadahiko); 〒150-6032 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデンプレイスタワー32階 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): JP, KR, US.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (30) 優先権データ:
特願平11/186258 1999年5月26日 (26.05.1999) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).

/続葉有/

(54) Title: PLASMA PROCESS DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマプロセス装置



(57) Abstract: A microwave plasma process device, wherein a metal lattice-shaped shower plate (111) is provided between a dielectric shower plate (103) and a substrate (114), and a plasma exciting gas mainly consisting of rare gases and a processing gas are released from different locations. When the lattice-shaped shower plate is grounded, a high-energy ion can be implanted into the surface of the substrate (114). When the thicknesses of a dielectric partition (102) at a microwave introduction portion and an dielectric are optimized to maximize a plasma exciting efficiency, and, at the same time, the distance between a slot antenna (110) and the dielectric partition (102) and the thickness of the dielectric shower plate (103) are optimized, a high-power microwave can be input.

/続葉有/



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

マイクロ波プラズマプロセス装置において、誘電体シャワープレート103と基板114との間に金属製の格子状シャワープレート111を設け、希ガスを主体としたプラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを異なる場所から放出する。格子状シャワープレートを接地することにより、基板114の表面に高いエネルギーのイオンを入射させることができる。マイクロ波導入部における誘電体隔壁102と誘電体の厚さを最適化してプラズマの励起効率を最大化すると同時に、スロットアンテナ110と誘電体隔壁102との間隔および誘電体シャワープレート103の厚さを最適化して大電力のマイクロ波を投入可能とする。

明細書

プラズマプロセス装置

技術分野

- 本発明は、プラズマプロセス用装置に係わり、特に高性能プラズマプロセスが可能で電力効率が高く、メンテナンス周期が長いプラズマプロセス装置に関する。

背景技術

- 近年、半導体や液晶ディスプレイの高性能化と高生産性化を実現するために、これらの製造にはプラズマプロセスが欠かせないものになっている。プラズマの励起方式は様々であるが、半導体や液晶ディスプレイの製造には、主に平行平板型高周波励起プラズマ装置あるいは誘導結合型プラズマ装置が使われている。これらのプラズマ装置は、デバイスに与えるダメージが大きく、高速で高性能なプロセスが困難であるなど、いくつかの本質的な問題を内在している。したがって、半導体や液晶ディスプレイの高性能化、高生産性化に対する要求を満たすことが困難になってきている。
- そこで最近注目されているのが、直流磁場を用いずにマイクロ波電界により高密度プラズマを励起するマイクロ波プラズマ装置である。この種のマイクロ波プラズマ装置としては、均一なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロットを有する平面状のアンテナ（スロットアンテナ）から真空容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラズマを励起させる装置（特開平9-63793）が知られている。また、スロットアンテナを真空容器外に設置し、スロットアンテナから放射されたマイクロ波を誘電体隔壁および誘電体シャワープレートを通して真空容器内部に導入してプラズマを励起させる装置（WO98/33362）も知られている。このような手法で励起されたマイクロ波プラズマは、プラズマ密度が高く電子温度が低いため、高速でダメージを一切伴わないプロセスを行うことができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを励起できるため、半導体基板や液晶ディスプレイ基板の大型化にも容易に対応できる。

しかしながら、これらの従来のマイクロ波プラズマ装置では、プロセス用ガスがプラズマにより解離、結合して生成された物質がマイクロ波の通り道である誘

電体隔壁や誘電体シャワープレート表面に付着するという問題がある。抵抗率が低い膜が付着するとマイクロ波が反射され、抵抗率が高い膜が付着するとマイクロ波が吸収されてしまう。これにより、誘電体隔壁や誘電体シャワープレート表面への膜の付着によりプラズマ励起電力が低下してしまい、プラズマ密度が減少してプラズマの安定性が損なわれる。最悪の場合、プラズマが全く励起できなくなるという状態となってしまう。このような問題を回避するには、付着膜を取り除くためのチャンバクリーニングやメンテナンスを頻繁に行う必要があり、生産性が著しく低下してしまう。

- 5 10 15 20
- 半導体や液晶ディスプレイの製造で欠かせない反応性イオンエッチングでは、プラズマ中のイオンを基板とプラズマとの間に形成されるシース中の電界で数100eVまで加速して基板表面に照射することにより、異方性エッチングを実現している。イオンを所望のエネルギーまで加速するための直流電圧（自己バイアス電圧）を基板周辺のシースに発生させるために、基板には数100KHzから数10MHz程度の高周波が印加される。プラズマは導体と見なすことができるため、基板に印加された高周波電圧は、基板周辺のシースとチャンバ壁などの接地部周辺のシースとにほぼ分圧される。すなわち、基板に高周波を印加すると、基板周辺のシースだけでなく接地部周辺のシースにも高周波電圧がかかり、接地部周辺のシースの直流電圧が増加してプラズマ電位が上昇する。プラズマ電位が15～30V以上になると、加速されたイオンの入射により接地部表面がスパッタされて汚染が引き起こされる。

- 25
- 基板周辺のシースと接地部周辺のシースとにかかる高周波電圧の比は、これらのシースのインピーダンス比で決まる。接地部周辺のシースのインピーダンスを基板周辺のシースのインピーダンスよりも十分小さくすれば、基板に印加された高周波電圧の大半は基板周辺のシースにかかる。すなわち、プラズマが接する接地部の面積を基板電極の面積より十分大きく（通常4倍以上）とれば、基板に高周波を印加してもプラズマ電位はほとんど上昇せず、スパッタによる汚染の問題を回避することができる。さらに、基板周辺のシースに大きな直流電圧を効率的に発生させることができる。

ところが、従来のマイクロ波プラズマ装置では、基板の対向面が全て誘電体で

覆われているため、プラズマが接する接地部の面積を大きくとることができない。通常、プラズマが接する接地部の面積は基板電極の面積の3倍程度しかとれない。このため、スパッタによる汚染の問題により、反応性イオンエッチングなど基板表面に高いエネルギーのイオンを入射させる必要があるプロセスに適用することが困難であった。

金属薄膜や強誘電体薄膜、高誘電率薄膜など金属を含む薄膜をプラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 法で形成するプロセスでは、金属原子と有機物分子の化合物である有機金属ガスが用いられる。プラズマにより金属原子と有機物分子間の結合のみを選択的に切断すれば不純物汚染のない良好な特性の薄膜を形成できる。しかし、有機物分子が分解されると膜中に不純物である炭素原子が多量に混入して薄膜の特性が著しく劣化してしまう。また、エッチングプロセスでは、プロセス用ガスの解離が進行し過ぎると、被エッチング膜とレジストマスクや下地材料との選択性が悪化し、さらにアスペクト比の大きな微細パターンのエッチングが困難になる。従来のマイクロ波プラズマプロセス装置では、プラズマ密度が高く比較的電子温度が高いマイクロ波入射面付近に、プロセス用ガスが直接導入される。このため、プロセス用ガスの解離が進行し過ぎて、有機金属ガスを用いた薄膜の形成や微細パターンのエッチングでは、良好な結果を得ることができなかった。

マイクロ波をプラズマに入射したとき、電子密度が次式で表されるカットオフ密度 n_c より低ければマイクロ波はプラズマ中を伝搬する。

$$n_c = \epsilon_0 \omega^2 m_0 / e^2$$

ここで、 ϵ_0 は真空の誘電率、 ω はマイクロ波角周波数、 m_0 は電子の質量、 e は電子の電荷である。一方、電子密度がカットオフ密度より高ければ、マイクロ波はプラズマ表面近傍で反射される。このとき、マイクロ波は侵入長程度（通常数 mm ～ 10 mm 程度）プラズマ中に侵入して、プラズマ中の電子にエネルギーを与えプラズマを維持する。マイクロ波プラズマ励起では、電子密度がカットオフ密度より低いとマイクロ波がチャンバ内に分散するため均一で安定なプラズマを励起することができない。均一で安定なプラズマを励起するには、マイクロ波入射面付近にカットオフ密度より十分電子密度が高いプラズマを励起して、入射したマ

- マイクロ波の大半をプラズマ表面近傍で反射させることが不可欠である。電子密度が高く安定なプラズマを励起するには、Ar、Kr、Xeなどの希ガスをプラズマ励起ガスとして用いればよい。希ガスに単原子分子以外のガスを添加すると、ガス分子の解離にマイクロ波のエネルギーが使われるため、電子密度が低下してプラズマの安定性が損なわれる傾向がある。従来のマイクロ波プラズマ装置では、
- 5 希ガス以外のガスを少量（数％）しか添加することができないため、プロセスの自由度が低く、また高速のプロセスに対応できないという問題があった。

- プラズマ表面付近の電子密度がカットオフ密度以上になっていると、プラズマに入射したマイクロ波の大半は表面近傍で反射される。この反射波は、スロット
- 10 アンテナで受信された後、スロットアンテナとマイクロ波電源との間に接続された整合器で再び反射されてスロットアンテナから放射される。マイクロ波はプラズマ表面近傍と整合器で反射を繰り返しながら、徐々にそのエネルギーをプラズマに与える。すなわち、プラズマ表面近傍と整合器の間は、マイクロ波の共振状態になっている。この部分には高いエネルギー密度のマイクロ波が存在することになり、導波路の金属壁のわずかな導体損やスロットアンテナ内の誘電体のわずかな誘電損により、大きな損失が生じる。従来のマイクロ波プラズマ装置では、これ
- 15 らの損失が大きくプラズマ励起電力効率が低かった。さらに、高密度プラズマを得ようとして大電力のマイクロ波を投入すると、スロットアンテナ表面に形成されたスロット部でアーク放電が生じ、これによりアンテナが破損したり、誘電体
- 20 隔壁と誘電体シャワープレート間のガス流路で放電が生じたりするという問題があった。

発明の開示

- 本発明は、上述の問題を解決した改良された有用なプラズマプロセス装置を提供することを目的とする。
- 25 本発明のより具体的な目的は、マイクロ波導入部の誘電体シャワープレート表面にプロセス用ガスの解離、結合による膜付着がないため、いかなるプロセス用ガスを用いてもプラズマの安定性が高いプラズマプロセス装置を提供することである。

本発明の他の目的は、チャンバクリーニングやメンテナンスの周期が長いプラ

ズマプロセス装置を提供することである。

本発明の更に他の目的は、基板表面に高いイオンエネルギーを入射させなければならないプロセスにも対応可能なプラズマプロセス用装置を提供することである。

また、本発明の他の目的は、プロセス用ガスの解離が適度に抑制されるため優れた成膜プロセスやエッチングプロセスが可能で、プラズマ励起効率が高いプラズマプロセス装置を提供することである。

本発明では上記目的を達成するため、従来のマイクロ波プラズマプロセス用装置のプラズマ拡散部（誘電体シャワープレートと基板との間）に新たなプロセス用ガス放出器（格子状シャワープレートと呼ぶ）を設け、希ガスを主体としたプラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを異なる場所から放出できるようにした。また、金属製の格子状シャワープレートを接地することにより、従来のマイクロ波プラズマプロセス用装置では対応できなかった基板表面に高いエネルギーのイオンを入射させなければならないプロセスにも対応可能とした。さらに、マイクロ波導入部の誘電体部の厚さ（誘電体隔壁の厚さ＋誘電体シャワープレートの厚さ）を最適化してプラズマの励起効率を最大化すると同時に、誘電体シャワープレートの厚さおよびスロットアンテナと誘電体隔壁との間隔を最適化して大電力のマイクロ波を投入可能にした。

本発明のプラズマプロセス装置は、従来のマイクロ波プラズマ用装置の誘電体シャワープレートと基板との間に新たなガス放出手段（格子状シャワープレート）を設け、ガス分子の解離を抑制することが望ましいプロセス用ガスを基板に向かって放出する構成になっている。一方、プロセス用ガスが誘電体シャワープレートの方へ拡散しないように、希ガスを主体としたプラズマ励起用ガスを格子状シャワープレートを挟んで基板と反対側に設置された誘電体シャワープレートから放出させる。マイクロ波の通り道である誘電体シャワープレート表面に膜が付着することがなくなるため、チャンバクリーニングやメンテナンス周期が著しく長期化し、常に安定したプラズマが得られるようになる。また、プラズマ密度が高く電子温度が比較的高いマイクロ波入射面付近にはプロセス用ガスがほとんど存在しない状態が形成されるため、プロセス用ガスの解離が適度に抑制されて高性能プロセスが実現される。同時に、格子状シャワープレートから多量のプロセス

用ガスを放出してもマイクロ波入射面付近にカットオフ密度を十分上回る高密度で安定したプラズマを励起できるため、プロセスの自由度が飛躍的に向上し、より高速なプロセスが可能である。

- 5 接地された金属製格子状シャワープレートをプラズマ中に導入することにより、プラズマが接する接地部の面積は大幅に増加する。基板に高周波バイアスを印加した場合、高周波電圧の大半を基板周辺のシースに印加できるようになり、プラズマ電位を増加させずに基板表面に入射するイオンのエネルギーを効率よく増加させることが可能である。従って、基板表面に高いイオンエネルギーを入射させなければならない反応性イオンエッチングなどのプロセスにも十分対応可能である。
- 10 さらに、本発明のプラズマプロセス装置によれば、マイクロ波導入部の誘電体部の厚さ（誘電体隔壁の厚さ＋誘電体シャワープレートの厚さ）を最適化してプラズマの励起効率を最大化すると同時に、誘電体シャワープレートの厚さおよびスロットアンテナと誘電体隔壁との間隔を最適化して大電力のマイクロ波を投入できるため、より安定した高密度プラズマの高効率生成が可能である。金属製格子状シャワープレートは、腐食性ガスのプラズマに対する耐性に優れた酸化アルミニウム被膜を有するアルミニウム及びステンレス鋼で構成され、長期間にわたって使用可能である。
- 15

図面の簡単な説明

- 20 図1は、本発明の第1の実施例によるマイクロ波プラズマプロセス装置の断面図である。

図2は、図1の装置の格子状シャワープレートを基板側から見た平面図である。

図3は、プラズマ空間中のプラズマ電位分布を示すグラフである。

図4は、タンタルの成膜を行った場合の電子密度の時間変化を示すグラフである。

- 25 図5は、基板に印加する高周波電力の基板表面へのイオン入射エネルギー依存性を示すグラフである。

図6は、接地部表面へのイオン入射エネルギーの基板表面へのイオン入射エネルギー依存性を示すグラフである。

図7は、電子密度の誘電体部の厚さ依存性を示すグラフである。

図8は、ギャップ中で放電が開始するマイクロ波電力密度の誘電体シャワープレート103の厚さ依存性を示すグラフである。

図9は、プロセス空間で放電が開始するマイクロ波電力密度の誘電体シャワープレート103と格子状シャワープレート111との間隔依存性を示すグラフである。

- 5 図10は、スロット部で放電が開始するマイクロ波電力密度のラジアルラインスロットアンテナ110と誘電体シャワープレート103との間隔依存性を示すグラフである。

図11は、本発明の第2の実施例によるマイクロ波プラズマプロセス装置に設けられた多孔質セラミックスで構成された格子状シャワープレート111を基板側から見た平面図である。

- 10 図12は、図11のXII-XII線に沿った断面図である。

図13は、本発明の第3の実施例によるマイクロ波プラズマプロセス装置に設けられたアルミニウムで構成された格子状シャワープレート111を基板側から見た平面図である。

図14は、図13のXIV-XIV線に沿った断面図である。

- 15 図15は、本発明の第4の実施例によるマイクロ波プラズマプロセス装置の断面図である。

発明を実施するための最良の実施の形態

以下、図面を参照しながら本発明の実施例によるプラズマプロセス装置を説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

- 20 (実施例1)

- 図1は、本発明の第1の実施例によるプラズマプロセス装置の側部断面図である。本発明の第1の実施例によるプラズマプロセス装置は、真空容器101、誘電体隔壁102、誘電体シャワープレート103、ギャップ104、プラズマ励起用ガス供給口105、プラズマ励起用ガス導入路106、プラズマ励起用ガス放出孔107、リング108、109、ラジアルラインスロットアンテナ110、格子状シャワープレート111、プロセス用ガス供給口112、プロセス用ガス放出孔113、ステージ115及び排気口116を有する。プラズマ処理される基板114はステージ115上に載置される。
- 25

本実施例では、真空容器101はアルミニウムにより形成され、誘電体隔壁1

02および誘電体シャワープレート103は比誘電率8.63の窒化アルミニウムにより形成されている。プラズマ励起用マイクロ波の周波数は、2.45GHzである。基板114は、直径200mmのシリコン基板である。

5 大気中に設置されたラジアルラインスロットアンテナ110から放射されたマイクロ波は、誘電体隔壁102、ギャップ104および誘電体シャワープレート103を通過して真空容器101内部に導入され、真空容器101内のガスを電離してプラズマを生成する。

本装置は、プラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを異なるシャワープレートから放出できる構造になっている。プラズマ励起用ガスは、プラズマ励起用ガス供給口105から供給され、プラズマ励起用ガス導入路106を通り誘電体シャワープレート103の中央部まで導かれる。その後、ギャップ104において中央部から周辺部へ放射状に流れ、複数のプラズマ励起用ガス放出孔107から真空容器内部に放出される。一方、プロセス用ガスは、プロセス用ガス供給口112から供給され、金属管で構成された格子状シャワープレート111の内部を通り、
15 複数のプロセス用ガス放出孔113から基板114側に放出される。

図2は、格子状シャワープレート111を基板114側から見た平面図である。格子状シャワープレート111は、本管201、枝管202、プロセス用ガス放出孔113、及び格子状シャワープレートガス供給口204を有する。点線で示す円205は基板114に対向する領域である。本実施例では、ガスを基板114上に均一に放出するため、格子状シャワープレートガス供給口204が2つ設けられている。本管201、枝管202は、それぞれ外径9.53mm(3/8インチ)、6.35mm(1/4インチ)の金属管であり、接続部は溶接してある。枝管202は格子状配列されており、本管201及び枝管202の間には開口部206が形成されている。枝管202には、プロセス用ガスを基板面に斜めに、
20 基板全面にわたってほぼ均一に入射するような位置に多数のガス放出孔113が形成されている。本実施例では、プロセスの基板面内均一性を向上させるためにプロセス用ガスを基板面に斜めに入射させるようにしたが、基板面に垂直に入射させるようにしてもよい。

本実施例では、腐食性ガスプラズマ雰囲気中でも半永久的に使用できるように、

配管の材料として従来用いられていた SUS 3 1 6 L 材よりもアルミニウム成分が増量された (4. 1 6 %) 高濃度アルミニウム含有ステンレス鋼を用いて、この配管を弱酸化性雰囲気で高温 (9 0 0℃) の処理を行い、配管表面に熱力学的に非常に安定な酸化アルミニウム不動態膜を形成している。酸化アルミニウム不動態膜を形成すると、腐食性の高い塩素ガスやフッ素ガスのプラズマに対しても優れた耐食性を示すことが確認されている。

ラジアルラインスロットアンテナ 1 1 0、誘電体隔壁 1 0 2、誘電体シャワープレート 1 0 3、格子状シャワープレート 1 1 1、および基板 1 1 4 は、それぞれ平行に配置されている。誘電体シャワープレート 1 0 3 と格子状シャワープレート 1 1 1 との間隔は真空中でのマイクロ波の波長の $1/4$ 倍 (3 0 mm) に、誘電体隔壁のアンテナ 1 1 0 側の面と誘電体シャワープレート 1 0 3 の基板 1 1 4 側の面との間の距離はマイクロ波の該当部における波長の $3/4$ 倍 (3 0. 7 mm、うちギャップ 1 0 4 が 0. 7 mm) に、誘電体シャワープレートの厚さはマイクロ波の該当部における波長の $1/2$ 倍 (2 0 mm) に設定されている。さらに、ラジアルラインスロットアンテナと誘電体隔壁との間隔は、マイクロ波の波長の $1/4$ 倍 (3 0 mm) に設定されている。

図 2 に示すような格子状シャワープレート 1 1 1 をチャンバ内に設置すると、プラズマからシャワープレート表面へのイオン入射によりシャワープレート部材がスパッタされて基板表面付近に混入し、汚染の問題が生じる可能性がある。プラズマ中に挿入された物体の表面近傍にはシースが形成され、このシース中の電界によりプラズマ中のイオンが加速されて物体表面に入射する。イオンの入射エネルギーが、材料やイオン種固有のしきい値以上であればスパッタリングが起こり、しきい値以下であればスパッタリングは起こらない。例えば、各種金属表面に Ar^+ イオンを入射させた場合、しきい値は 1 0 数 eV ~ 3 0 eV となる。スパッタリングによる汚染を防止するには、格子状シャワープレート 1 1 1 に入射するイオンのエネルギーを 1 0 数 eV 以下に抑えることが望ましい。

プラズマ中の接地された物体表面に入射するイオンのエネルギー (eV) は、シースにかかる電圧、すなわちプラズマ電位を V_p として、 eV_p (e は電子の電荷) にほぼ等しい。接地された物体の表面が絶縁膜で被覆されている場合も同程度の値

になる。図3は、プラズマ空間中のプラズマ電位の分布を示すグラフである。図3中、a 0 1は図1のマイクロ波プラズマプロセス装置における結果を示し、a 0 2は高周波励起平行平板型プラズマプロセス装置における結果を示している。プラズマ空間の間隔は120 mm、ガスはAr、圧力は約67 Pa (500 mTorr)に統一した。図3において、横軸zは基板に垂直方向のプラズマ空間中の位置であり、マイクロ波プラズマ装置では誘電体シャワープレート103表面を基準($z=0$)とし、平行平板型プラズマ装置では基板と対向した高周波印加電極の表面を基準とした。なお、マイクロ波プラズマ装置では2.45 GHzのマイクロ波を誘電体シャワープレート103を通して導入し、平行平板型プラズマ装置では13.56 MHzの高周波を高周波印加電極に印加することによりプラズマを生成した。

平行平板型プラズマ装置では、プラズマ電位は33 V程度であり、チャンバ内に格子状シャワープレート111を設置するとスパッタリングによる汚染が発生することが明らかである。一方、マイクロ波プラズマ装置では、誘電体シャワープレート103から20 mm以上離れると8 V以下となり、プラズマ中に格子状シャワープレート111を設置してもスパッタされる恐れはない。半導体製造プロセスに用いられている他のプラズマ装置として、誘導結合プラズマ装置や電子サイクロトロン共鳴プラズマ装置等があるが、何れの装置でもプラズマ電位は通常30 V以上になる。このように、マイクロ波プラズマ装置は、他のプラズマ装置と比較してプラズマ電位が圧倒的に低いという特徴がある。これは、プラズマ励起部も含めてプラズマ全体に渡って電子温度が低く抑えられていることに起因している。格子状シャワープレート111をマイクロ波プラズマ装置と組み合わせることにより、スパッタリングによる汚染を発生させることなく初めてその効果を発揮させることが可能になる。

図1のプラズマプロセス装置を用いて、シリコン酸化膜で被われた直径200 mmのシリコン基板上にプラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 法によりタンタル薄膜を形成する実験を行った。図4は、誘電体シャワープレート103表面の付着物が完全に取除かれた状態でタンタルの成膜を開始し、成膜時間の経過とともにプラズマ中の電子密度がどのように変化するかを測定した結果で

ある。曲線 301 は従来のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち格子状シャワープレート 111 を設置せずに、プラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを混合して双方とも誘電体シャワープレート 103 から放出した場合の結果である。曲線 302 は本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、格子状シャワープレート 111 を設置してプラズマ励起用ガスとプロセス用ガスを分けて放出した場合の結果である。

電子密度の測定は、ウェーハの中心軸上でウェーハから 15 mm 離れた地点で行った。プロセス用ガスとしては、液体である $\text{Ta}(\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5)_5$ を Ar キャリアガスによりバブリングしたガスを用いた。プラズマ励起用ガスとしては Ar を用いた。プロセス用ガスとプラズマ励起用ガスの流量は、それぞれ 150 sccm、500 sccm、真空容器内の圧力は約 80 Pa (0.6 Torr) とした。プラズマ励起用マイクロ波の周波数は、2.45 GHz、電力は 1.1 kW であった。

従来の構成では、成膜時間が 3 分を過ぎると次第に電子密度が低下してプラズマが不安定になり、11 分でプラズマが消失した。これは、誘電体シャワープレート 103 表面に付着したタンタル薄膜が、マイクロ波を反射、吸収したことが原因である。実際に、誘電体シャワープレート 103 表面に付着した膜を分析した結果、炭素を多量に含むタンタル薄膜が付着していることが明らかになった。タンタル薄膜の平均膜厚は 4.3 μm であった。

一方、本発明の構成では、20 分の成膜を行っても電子密度は全く変化せず、誘電体シャワープレート 103 の表面へのタンタル薄膜の付着は確認されなかった。従来の構成よりも成膜開始直後に電子密度が若干低いのは、格子状シャワープレート 111 の存在により、プラズマのウェーハ周辺への拡散が若干遮られるためである。従来の構成では、成膜中にシャワープレート表面にタンタル薄膜が付着してしまうため、成膜後に塩素系ガスプラズマ等を用いたチャンバ内面のクリーニングとメンテナンスを頻繁に行う必要があり不経済で生産性が低かった。しかし、本発明の構成では、クリーニングやメンテナンスがほとんど必要なくなり、生産性が大幅に向上した。

次に、シリコン酸化膜上に形成されたタンタル薄膜の特性を評価した結果について述べる。2 次イオン質量分析装置でタンタル薄膜中の炭素含有量を測定した

ところ、従来の構成では10.5%と非常に多かったが、本発明の構成では0.3%であることが分かった。従来の構成では、有機金属ガスを誘電体シャワープレート103から放出したため、プラズマ入射面付近の高密度で比較的電子温度が高いプラズマによりガス分子が過度に分解して分子量の小さな有機物が発生して膜中に混入した。しかし、本実施例の構成では、有機金属ガスを格子状シャワープレート111から電子温度が低い拡散プラズマ領域に放出したため、タンタル原子と有機物分子間の結合のみが選択的に切れて蒸気圧の高い有機物しか発生しなかったためである。

さらにタンタル薄膜の電気抵抗率を測定したところ、従来の構成では炭素の含有量が多いため $2.25 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ であったが、本発明の構成では $2.1 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ と一桁以上も低く、ほぼ理想的な薄膜が形成されていることが明らかになった。このように、本発明のプラズマプロセス装置を金属薄膜や強誘電体薄膜、高誘電率薄膜のCVDに適用すると、薄膜の特性を大幅に向上させることが可能になる。

次に、マイクロ波プラズマ装置のエッチングプロセスへの適合性について述べる。図5は、エッチングに必要な基板表面へのイオン入射エネルギーを得るのに基板にどれだけ高周波電力を印加すればよいかを示すグラフである。曲線401は、従来のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、格子状シャワープレート111が存在しない場合の結果であり、曲線402は、本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、接地された格子状シャワープレート111が存在する場合の結果である。プラズマ励起用ガスとしては、Arを用いた。真空容器内の圧力は約4 Pa (30 mTorr)、プラズマ励起用のマイクロ波の周波数は、2.45 GHz、電力は1.1 kWであった。また、基板へ印加した高周波の周波数は2 MHzであった。

図5より、同じ基板表面へのイオン入射エネルギーを得るのに、本発明の構成では従来の1/5程度の高周波電力を印加すれば十分であることが分かる。すなわち、大幅な効率化と高周波電源や整合器の小型化、低コスト化が可能になる。

図6は、エッチングに必要な基板表面へのイオン入射エネルギーを得るのに必要な電力を基板に印加したときに、接地部表面へのイオン入射エネルギーがどう変化するかを示すグラフである。曲線501は、従来のマイクロ波プラズマ装置の構

成、すなわち、格子状シャワープレート 111 が存在しない場合の結果であり、曲線 502 は、本発明のマイクロ波プラズマ装置の構成、すなわち、接地された格子状シャワープレートが存在する場合の結果である。条件は図 5 の場合と同じである。

- 5 図 6 より、従来の構成では、接地部表面へのイオン入射エネルギーは基板表面へのイオン入射エネルギーと同程度の非常に高い値であることが分かる。例えば、シリコン酸化膜の反応性イオンエッチングでは、基板表面に 400eV 程度のイオンを入射させる必要がある。このイオン入射エネルギーを得るためには基板に 1600W の高周波電力を印加する必要がある、このとき接地部表面へのイオン入射エネルギーは 370eV となる。このような高い運動エネルギーを持ったイオンがチャンバ壁や格子状シャワープレートなどの接地部表面に入射すると、壁面がスパッタされて不純物汚染の原因になる。また、スパッタリングにより削られるため、寿命が著しく短い。一方、本発明の構成では、プラズマが接する接地部表面の面積が基板の面積と比較して十分大きいため、接地面へのイオン入射エネルギーは 10eV から 20eV と低い値に抑えられており、接地面がスパッタされることはない。

- 表 1 は、シリコン基板表面のシリコン酸化膜のエッチングを行ったときの、レジストとシリコン酸化膜のエッチング選択比、セルフアラインコンタクト形成時に不可欠なシリコン窒化膜とシリコン酸化膜のエッチング選択比、および 0.25 μm のシリコン酸化膜コンタクトホールを形成した後にアルミニウム電極を形成して電極と下地のシリコンとのコンタクト抵抗を測定した結果を示す。

表 1

従来の装置と本発明の装置でエッチングを行った場合のエッチング特性の比較

	従来の装置を用いた場合	本発明の装置を用いた場合
レジストのシリコン酸化膜に対するエッチング選択比	4.8	10.9
シリコン窒化膜のシリコン酸化膜に対するエッチング選択比	1.8	3.8
コンタクト径 0.25 μm のコンタクト抵抗	3.7 Ω	0.48 Ω

プラズマ励起用ガスには、Arを用いた。プラズマ励起用ガスの流量は320 sccmであった。また、プロセス用ガスには、 $C_4F_8/CO/O_2/Xe$ の混合ガスを用いた。プロセス用ガスの流量は105 sccmであった。真空容器内の圧力は約4 Pa (30 mTorr)であった。プラズマ励起用のマイクロ波の周波数は、2.45 GHz、電力は1.1 kWであり、基板へ印加した高周波の周波数は2 MHzであった。基板へ印加した高周波の電力は、基板表面へのイオン入射エネルギーが400 eVになるように設定した。

次世代の超微細高性能半導体デバイスを実現するには、レジストとシリコン酸化膜の選択比は10以上、シリコン窒化膜とシリコン酸化膜の選択比は30以上必要である。従来の構成では、CF系ガスの分解が過度に進行して選択比を低下させる要因となるフッ素ラジカルやフッ素イオンが多量に生成されるため、レジストに対しても、シリコン窒化膜に対しても十分なエッチング選択比を得ることができない。また、チャンバ壁など接地部表面がスパッタされてコンタクトホール底のシリコン表面付近に混入するため、コンタクト抵抗が非常に高くなる。このままではデバイスには使えないため、シリコン表面付近のダメージ層を取り除く行程が必要になり、半導体製造コスト増大と生産性低下を招いていた。

一方、本発明の構成では、プロセス用ガスがプラズマ拡散部の電子温度が極めて低い部分に導入されるため、CF系ガスの分解が適度に抑制され、レジストに対してもシリコン窒化膜に対しても十分なエッチング選択比を得ることができる。また、不純物の汚染がないため、コンタクト抵抗も低く抑えられている。

図7は、投入マイクロ波電力を一定にして誘電体部の厚さ（誘電体隔壁102の厚さ+誘電体シャワープレート103の厚さ）を変えたときに、プラズマ中の電子密度がどのように変化するかを測定した結果を示すグラフである。マイクロ波周波数は2.45 GHz、マイクロ波電力は1.8 kWであった。ギャップ104は0.7 mmであった。ガスはAr、圧力は約67 Pa (500 mTorr)であった。電子密度は誘電体シャワープレートから22 mm離れた地点で測定した。

図7より、プラズマ中の電子密度は、誘電体部の厚さとともに周期的に変化することが分かった。プラズマ励起効率（プラズマ励起に使われた電力/マイクロ波電源が供給した電力）は電子密度に比例する。本実施例では、プラズマ励起効

率は、誘電体部の厚さの変化とともに21%から75%まで周期的に変化した。

この現象は、次のように説明できる。

- マイクロ波入射面付近の電子密度はカットオフ密度(2.45 GHzにおいて $7.45 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$)よりも十分高い(10^{12}cm^{-3} 以上)ため、プラズマ表面に入射したマイクロ波は表面から侵入長(3 mm位)程度しかプラズマ中に侵入できず、
- 5 ほぼ完全に反射される。反射されたマイクロ波はアンテナで受信された後、アンテナとマイクロ波電源間に接続された整合器で反射されて再びアンテナから放射される。すなわち、プラズマ表面近傍と整合器の間は、マイクロ波の共振状態になっている。この部分には高いエネルギー密度のマイクロ波が存在することになり、
- 10 導波路の金属壁のわずかな導体損やスロットアンテナ内の誘電体のわずかな誘電損により、大きな損失が生じる。この損失がマイクロ波からプラズマに与えられる電力よりも大きい場合には、プラズマ表面近傍と整合器の間のマイクロ波電力密度は、プラズマの状態にあまり依存しない。共振器中のマイクロ波電力密度を一定と仮定すると、誘電体部がアンテナ側の面がマイクロ波電界の定在波の腹の
- 15 位置になるような厚さの時に誘電体中のマイクロ波電力密度が最大となり、最も効率よくプラズマを励起できる。逆に、誘電体部がアンテナ側の面が定在波の節の位置になるような厚さの時に誘電体中のマイクロ波電力密度が最小となり、プラズマ励起効率は最も低くなる。誘電体部のアンテナ側の面をマイクロ波電界の定在波の腹の位置にするには、誘電体隔壁のアンテナ側の面と誘電体シャワープレート103の基板側の面との間の距離が、該当部の波長の1/4の奇数倍にな
- 20 っていればよい。誘電体シャワープレート103の基板側の面は、導体と見なせるプラズマの存在によりほぼ短絡面(定在波の節の位置)と見なすことができるためである。図7より、電子密度が最大値をとる誘電体部の厚さは30 mm および50 mm であることが分かる。これらは誘電体隔壁のアンテナ側の面と誘電体
- 25 シャワープレート103の基板側の面との距離が、それぞれ波長の3/4倍および5/4倍に相当する。

従来の構成では、誘電体部の厚さが機械的強度のみで決定されていたため、プラズマ励起効率が低い場合が多く、また励起効率が装置によってまちまちであった。本発明の構成では、プラズマ励起効率が75%程度と高く、従来の構成の最

大3. 6倍にもなる。即ち、より低消費電力、小型で安価なマイクロ波電源で高密度プラズマを生成することが可能になった。

図8は、誘電体部の厚さを30mmに固定して誘電体シャワープレート103の厚さを変えたときに、ギャップ104中で放電が開始するマイクロ波電力密度を測定した結果を示すグラフである。ギャップ中で放電が開始するマイクロ波電力密度は、誘電体シャワープレート103の厚さとともに周期的に変化することが分かる。ギャップ中で放電するとプロセス空間のプラズマが不安定になるため、放電は絶対に避けなければならない。ギャップ中での放電を防止するには、ギャップがマイクロ波電界の定在波の節の位置になるように誘電体シャワープレート103の厚さを決めればよい。すなわち、誘電体シャワープレート103の厚さが、該当部の波長の $1/2$ の整数倍になっていればよい。図8より、誘電体シャワープレート103の厚さが20mmのときギャップ104中で最も放電しにくく、10mmのとき最も放電しやすいことが分かる。これらは、それぞれ波長の $1/2$ 倍および $1/4$ 倍に相当する。

従来の構成では、シャワープレートの厚さが機械的強度およびガスのコンダクタンスのみで決定されていたため、ギャップ中で放電しやすい場合が多く、プラズマに大電力を投入することが困難であった。本発明の構成では、プラズマに大電力を投入してもギャップ104中で放電することがないため、常に安定な高密度プラズマを励起することが可能である。

図9は、誘電体シャワープレート103と格子状シャワープレート111との間隔を変えたときに、プロセス空間（誘電体シャワープレート103と基板114の間）で放電が開始するマイクロ波電力密度と、基板114周辺の電子密度を測定した結果を示すグラフである。

誘電体シャワープレート103と格子状シャワープレート111との間隔が波長の $1/4$ 倍より短くなると、プロセス空間において急に放電しにくくなることが分かる。これは、次のように説明される。金属で構成された格子状シャワープレート111は、格子間隔をマイクロ波の波長よりも十分短くしておくことマイクロ波の短絡面となる。マイクロ波をチャンバ内に投入した後、プラズマ着火前には、格子状シャワープレート111への入射波と格子状シャワープレート111

の表面付近で反射された反射波が定在波を形成する。誘電体シャワープレート 103 と格子状シャワープレート 111 との間隔が波長の $1/4$ 倍より長い場合には、プラズマ空間中にマイクロ波電界の定在波の腹の部分が存在し、この電界が強い部分で放電が開始する。直後に、そのプラズマを種としてマイクロ波入射面
5 付近に高密度プラズマが生成される。一方、誘電体シャワープレート 103 と格子状シャワープレート 111 との間隔が波長の $1/4$ 倍をより短い場合には、誘電体シャワープレート 103 の表面でマイクロ波電界が最大になるが、間隔が短くなるにつれて電界強度が小さくなり放電しにくくなる。

図 9 より、基板周辺の電子密度は、誘電体シャワープレート 103 と格子状シャワープレート 111 との間隔が増大するにつれて低下することが分かる。マイクロ波入射面付近でプラズマが励起されて基板の方へ拡散するため、マイクロ波入射面から離れるに従って電子密度が低下するためである。低マイクロ波電力で高速プロセスを実現するためには、プロセス空間において放電しやすく、基板周辺
15 の電子密度は高い方がよい。これらの要請を両立させるには、誘電体シャワープレート 103 と格子状シャワープレート 111 との間隔を波長の $1/4$ 倍にすればよいことになる。

図 10 は、誘電体部の厚さを 30mm に固定してラジアルラインスロットアンテナ 110 と誘電体シャワープレート 103 との間隔を変えたときに、アンテナ 110 のスロット部で放電が開始するマイクロ波電力密度を測定した結果を示す
20 グラフである。スロット部で放電が開始するマイクロ波電力密度は、アンテナ 110 と誘電体シャワープレート 103 との間隔とともに周期的に変化することが分かる。スロット部で放電するとアンテナ 110 が破損し、またプロセス空間のプラズマが不安定になるため、絶対に避けなければならない。スロット部での放電を防止するには、アンテナ 110 の表面がマイクロ波電界の定在波の節の位置
25 になるようにアンテナ 110 と誘電体シャワープレート 103 との間隔を決めればよい。誘電体シャワープレート 103 のアンテナ側の面でマイクロ波電界の定在波が腹になっているとき、すなわち誘電体隔壁のアンテナ側の面と誘電体シャワープレート 103 の基板側の面との間の距離が該当部の波長の $1/4$ の奇数倍に設定されている場合、アンテナ 110 と誘電体シャワープレート 103 との間

隔が波長の $1/4$ の奇数倍になっていればよい。図10より、アンテナ110と誘電体シャワープレート103との間隔が30mm及び90mmのとき、スロット部で最も放電が起こりにくく、60mmのときに最も放電が起こりやすいことが分かる。30mm、60mmおよび90mmは、それぞれ波長の $1/4$ 、 $2/4$ および $3/4$ 倍に相当する。

従来の構成では、アンテナ110のスロット部で放電しやすい場合が多く、プラズマに大電力を投入することが困難であった。本発明の構成では、プラズマに大電力を投入してもスロット部で放電することがないため、常に安定な高密度プラズマを励起することが可能である。

10 このように、本実施例の装置を用いれば、基板への高効率高周波バイアス印加および高効率マイクロ波プラズマ生成が可能になり、高周波電源やマイクロ波電源の小型化による装置専有面積の縮小、装置の低コスト化を図ることができる。さらに、大電力のマイクロ波を投入しても誘電体隔壁と誘電体シャワープレート103間のギャップやラジアルラインスロットアンテナ110のスロット部で放電することがないため、より高密度で安定したプラズマを生成することが可能になり、高生産性プロセスが実現される。プロセス用ガスの過剰解離が抑制され不純物汚染がないため、従来のプラズマプロセスを革新する高性能プロセスが可能になる。

(実施例2)

20 次に、本発明の第2の実施例によるプラズマプロセス装置について図11及び図12を参照しながら説明する。図11は、本発明の第2の実施例によるプラズマプロセス装置に設けられた格子状シャワープレート600を基板側から見た平面図である。図12は図11のXII-XII線に沿った断面図である。本発明の第2の実施例によるプラズマプロセス装置は、図11に示す格子状シャワープレート600以外は図1に示す本発明の第1の実施例によるプラズマプロセス装置と同様であり、その説明は省略する。

25 図11に示すように、格子状シャワープレート600は、本管601、枝管602、プロセス用ガス放出部603（ハッチング部）、及び格子状シャワープレートガス供給口604よりなる。図12に示すように、枝管602は被膜606を

有する。なお、図11において点線により示す円605は、基板に対向する領域を示している。

本実施例では、本管601は気孔率0.03%のアルミナセラミックスにより形成され、枝管602は気孔率32%の多孔質アルミナセラミックスにより形成されている。枝管602は格子状に配列されており、本管601と枝管602は、セラミックス系の接着剤で接合されている。したがって、本管601と枝管602とにより開口部607が形成されている。多孔質アルミナセラミックスはガスを透過する性質があり、管内の圧力を管外よりも適度に高い圧力にすることによりシャワープレートとして機能する。多孔質アルミナセラミックスをシャワープレートに用いると、上述の第1の実施例のようにガス放出孔を多数設けた場合と比較して、より均一にガスを放出することが可能になる。枝管602の表面のうちガス放出部以外は、ガスが放出されないように被膜606で覆われている。被膜606は、厚さ220 μ m、気孔率0.8%のアルミナセラミックスである。

アルミナセラミックスは腐食性ガスプラズマに対する耐久性に優れており、長寿命のシャワープレートを構成できる。一方、電気伝導性がないため、プラズマが接する接地面を増大させる効果がなく、基板表面に高いエネルギーのイオンを入射させなければならない反応性イオンエッチング等のプロセスには適さない。このため、本実施例の装置は、CVDや酸化、窒化などの薄膜形成やレジストアッシングに使用することが望ましい。

本実施例では格子状シャワープレート600をアルミナセラミックスで構成したが、熱伝導率が高い窒化アルミニウムセラミックスで構成してもよい。また、アルミニウムやステンレスなどの金属を多量に含有する導電性のあるアルミナセラミックスを用いてもよい。この場合には、プラズマが接する接地面を増大させる効果があるため、基板表面に高いエネルギーのイオンを入射させなければならないプロセスにも適用可能になる。

(実施例3)

次に、本発明の第3の実施例によるプラズマプロセス装置について図13及び図14を参照しながら説明する。図13は、本発明の第3の実施例によるプラズマプロセス装置に設けられた格子状シャワープレート700を基板側から見た平

面図である。図14は図13のXIV-XIV線に沿った断面図である。本発明の第3の実施例によるプラズマプロセス装置は、図13に示す格子状シャワープレート700以外は図1に示す本発明の第1の実施例によるプラズマプロセス装置と同様であり、その説明は省略する。

- 5 図12に示す格子状シャワープレート700は、ガス導入路701、プロセス用ガス放出孔702、格子状シャワープレートガス供給口703、格子状シャワープレート本体705、及び格子状シャワープレート蓋706を有する。なお、点線により示す円704は、基板に相当する領域を示している。

- 10 断面が矩形のガス導入路701が縦横に基盤目状に形成されており、隣り合うガス導入路の間にはプラズマやガスを通過させるための開口部707が形成されている。格子状シャワープレート本体705および格子状シャワープレート蓋706は、マグネシウムを3%含有するアルミニウムで構成されており、両者は電子ビーム溶接により接合されている。格子状シャワープレート本体705および格子状シャワープレート蓋706は、腐食性ガスに対する耐性を向上させるため
15 に、電子ビーム溶接後にフッ素ガス雰囲気中で熱処理が施され、表面にフッ化マグネシウムとフッ化アルミニウムの混合膜が形成されている。

- 本実施例は、上述の第1の実施例と比較して、格子状シャワープレート700の高周波電流が流れるパスの断面積が大きく抵抗率の小さな材料を用いているため、よりプラズマと接地間のインピーダンスを低下させる効果が高い。すなわち、
20 より電力効率が高いプラズマ装置を構成できる。なお、本実施例では、格子状シャワープレート700をアルミニウムで構成したが、ステンレスや高濃度アルミニウム含有ステンレスで構成してもよい。

(実施例4)

- 図15は、本発明の第4の実施例によるプラズマプロセス装置の断面図である。
25 本発明の第4の実施例によるプラズマプロセス装置は、真空容器801、誘電体隔壁802、誘電体シャワープレート803、ギャップ804、シャワープレート固定治具805、プラズマ励起用ガス供給口806、プラズマ励起用ガス放出孔807、マイクロ波導波路808、格子状シャワープレート809、プロセス用ガス供給口810、プロセス用ガス放出孔811、ステージ813、及び排気

口814を有する。プラズマ処理される基板812はステージ813上に載置される。

本実施例では、真空容器801はアルミニウム、誘電体隔壁802は酸化アルミニウム、誘電体シャワープレート803は窒化アルミニウム、シャワープレート固定治具805はアルミニウムで構成されている。格子状シャワープレート809は、上述の第1乃至第3の実施例のいずれか一つと同様な構成とされており、上述の第1の実施例と同様に、酸化不動態処理された高濃度アルミニウム含有ステンレスで形成されている。プラズマ励起用マイクロ波の周波数は2.45GHzである。基板812は液晶ディスプレイ用の角形ガラス基板であり、サイズは550×650mm²である。

マイクロ波導波路808は、紙面に垂直方向に延在する単一モードの矩形導波管であり、下面は誘電体壁、他の部分は金属壁で囲まれている。マイクロ波は、単一のマイクロ波電源で発生され、装置の中央部付近にて導波管により2本のマイクロ波導波路808に分配して供給される。マイクロ波導波路808中を伝搬するマイクロ波の一部は、誘電体隔壁802から漏れ出し、誘電体シャワープレート803を介して真空容器801内に導入され、プラズマを励起する。プラズマが励起されると、プラズマと誘電体シャワープレート803との境界付近に誘電体シャワープレート803の表面に沿って伝搬する表面波が励起される。均一な表面波を励起することにより、大面積で均一なプラズマが得られる。本実施例では2枚の誘電体シャワープレート803が設置されているが、これらの表面を伝搬する表面波が互いに干渉しないように、誘電体シャワープレート803の間は接地されたシャワープレート固定治具805で電氣的に仕切られている。

誘電体シャワープレート803、格子状シャワープレート809、および基板812は、それぞれ平行に配置されている。誘電体シャワープレート803と格子状シャワープレート809との間隔はマイクロ波の波長の1/4倍(30mm)に設定されている。

本実施例のプラズマプロセス装置をバックゲート型のTF T (Thin Film Transistor) 液晶ディスプレイ製造に用いた。適用したプロセスは、CVD法による、1) シリコン窒化膜形成プロセス、2) シリコン窒化膜上への多結晶シリ

コン膜形成プロセス、3) 多結晶シリコン膜上へのn⁺シリコン膜形成プロセス、4) シリコン膜エッチングプロセス、及び5) シリコン表面直接酸化プロセスであった。以下の表2は、これらの各プロセスに使用したガス種と圧力が示されている。

5

表 2

各液晶ディスプレイ製造プロセスとそのプロセス条件

プロセス	プラズマ励起用ガス	プロセス用ガス	圧力
1: シリコン窒化膜形成	Ar (900sccm)	SiH ₄ (50sccm) NH ₃ (70sccm)	約 67 Pa (500mTorr)
2: 多結晶シリコン膜形成	Ar (880sccm)	SiH ₄ (60sccm) H ₂ (60sccm)	約 67 Pa (500mTorr)
3: n ⁺ シリコン膜形成	Ar (900sccm)	SiH ₄ (60sccm) PH ₃ (20sccm)	約 67 Pa (500mTorr)
4: シリコン膜エッチング	Ar (820sccm)	SF ₆ (250sccm) HCl (50sccm)	約 27 Pa (200mTorr)
5: シリコン表面直接酸化	He (660sccm)	O ₂ (90sccm)	約 67 Pa (500mTorr)

- 半導体でも液晶ディスプレイでも基板が大型化される傾向にある。大型基板を全くトラブルなく高速に搬送することは技術的に困難でコストもかかる。また、
- 10 基板の大型化に伴い装置も大型化し、装置や製造工場（クリーンルーム）の初期投資コスト、ランニングコストが膨大なものになっている。このため、1台の装置で多くのプロセスを連続して行い、極力基板を移動させないで製造を行うことが強く求められている。

- 本実施例では、1) から3) までのプロセスは、基板812を動かすことなく
- 15 ガスを切り替えることにより連続して行うことができる。4) と5) のプロセスも同様である。本実施例のプラズマプロセス装置は、誘電体シャワープレート803と格子状シャワープレート809から放出されるガスを切り替えることにより、1台の装置で成膜、エッチング、酸化、窒化、アッシングなど多数のプラズマプロセスを行えるという特徴があり、このような連続プロセスにも柔軟に対応

できる。

以下の表 3 は、現在液晶ディスプレイ製造に広く用いられている平行平板型プラズマプロセス装置（従来の装置）と本実施例によるプラズマプロセス装置を用いて同じプロセスを行った場合の結果を比較したものである。

5

表 3

従来の装置と本発明の装置のプロセス性能の比較

プロセス	従来の装置を用いた場合	本発明の装置を用いた場合
1) シリコン窒化膜形成	耐圧：4.2MV/cm 成膜速度：120nm/min	耐圧：12.4MV/cm 成膜速度：310nm/min
2) シリコン膜形成	アモルファス($0.2\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$) 成膜速度：78nm/min	多結晶 ($280\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$) 成膜速度：93nm/min
3) n^+ シリコン膜形成	抵抗率： $2.3\Omega\text{cm}$ 成膜速度：58nm/min	抵抗率： $0.7\Omega\text{cm}$ 成膜速度：85nm/min
4) シリコン膜エッチング	エッチング速度： 280nm/min	エッチング速度： 720nm/min
5) シリコン表面直接酸化	酸化膜厚：7nm (酸化時間 3 分)	酸化膜厚：28nm (酸化時間 3 分)

シリコン窒化膜はゲート絶縁膜や層間絶縁膜として用いられ、高耐圧でリーク電流が小さい膜を高速に成膜することが求められている。本実施例の装置では、
10 成膜表面に入射するイオンのエネルギーが従来の装置の $1/3$ 以下と低く（4～7 eV）、薄膜にイオン照射ダメージを与えることがないため、従来の 3 倍近い耐圧を有する高品質シリコン窒化膜が形成されている。さらに、電子密度が従来の平行平板型プラズマ装置より 1 桁程度高いため（ $>2 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ ）、成膜速度が速く生産性が飛躍的に向上する。

15 シリコン膜は、TFT の心臓部であるチャネル部に用いられる。トランジスタの電流駆動能力を向上させるために、チャネル移動度が高いシリコン膜を絶縁膜上に堆積させる必要がある。従来の装置では、アモルファス膜しか形成できなかったため移動度が非常に低かった（ $0.2 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 程度）。アモルファス膜にレーザーを照射して多結晶化するレーザアニール処理を行うと高移動度の多結晶シ

リコン膜が得られるが、処理に非常に時間がかかり実用的ではない。本発明のマイクロ波プラズマプロセス装置を用いると、250℃という低い基板温度でアニールなしで $280\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 程度の高移動度多結晶シリコン膜がCVD法で堆積できた。また、高速成膜が可能で生産性にも優れ、他に類を見ない画期的な薄膜形成技術である。

n⁺シリコン膜は、TFTのソース、ドレインコンタクト部に用いられ、トランジスタの電流駆動能力を向上させるためにキャリア密度が高く、抵抗率が小さいことが求められる。本発明の装置を用いると、成膜表面に照射するイオンのエネルギーが小さいため膜にダメージを与えることがなく、キャリアの活性化率が向上してより抵抗率の小さな膜が得られた。

表3の4) シリコン膜エッチングプロセス及び5) シリコン直接酸化プロセスは、基板812を装置外部に取り出すことなく同一チャンバで連続して行われた。バックゲート型TFTのソースとドレイン間のギャップをエッチングした後、下地のソース、ドレインコンタクト用n⁺シリコン（アモルファスまたはマイクロクリスタル）膜を酸化して絶縁物（SiO₂）に代えてソースとドレイン間を絶縁する行程である。エッチングは高速で行わなければならないが、本実施例の装置を用いるとプラズマ密度が高いためエッチング反応が促進されて従来の倍以上のエッチング速度が得られた。

ソースとドレイン間の絶縁をとるには、n⁺シリコン膜（膜厚15nm程度）の内部まで完全に酸化する必要がある。このとき、基板温度は350℃程度以下でなければならない。従来の装置で基板温度300℃の低温プラズマ酸化を行うと、3分で7nm程度の深さまでしか酸化が進まない。このため、膜全体を酸化することができず、ソースとドレイン間の絶縁はとれない。一方、本実施例の装置では、基板温度300℃において3分の酸化で28nm以上の深さまで酸化が進行するため、n⁺シリコン膜全体を酸化してソースとドレイン間を完全に絶縁することが可能である。これは、電子密度が高いため酸化種である酸素ラジカルが多量に生成され、かつ基板表面への多量のイオン照射により酸素ラジカルの酸化膜中の拡散が促進されるためである。

本発明は具体的に開示された上述の実施例に限定されるものではなく、本発明

の範囲を逸脱すること無く様々な改良例及び変形例がなされるであろう。

5

10

15

20

25

請求の範囲

1. 内部が減圧可能な容器（１０１）と、該容器内にガスを供給するガス供給システムと、該容器内に供給されたガスを排気するとともに該容器内を減圧するための排気システムとを有し、該容器（１０１）を構成する壁の一部はマイクロ波を実質的に損失なく透過する材料からなる平板状の誘電体板（１０２）であり、該誘電体板と該容器内に励起されたプラズマの間にはマイクロ波を実質的に損失なく透過する材料からなる平板状の誘電体シャワープレート（１０３）を有し、該誘電体シャワープレートには複数のガス放出孔（１０７）が形成されており、該ガス供給システムにより供給されたガスのうち少なくとも一部は該誘電体板（１０２）と該誘電体シャワープレート（１０３）との間の隙間（１０４）を
- 10 通って該複数のガス放出孔（１０７）から放出されるように構成されており、該誘電体板（１０２）を挟んで該容器（１０１）の外側には該誘電体板を通してプラズマ励起用のマイクロ波を供給するための平板状のスロットアンテナ（１１０）
- 15 を有し、該容器の内側には非処理基体（１１４）を保持する電極（１１５）が設けられ、該非処理基体（１１４）に対して処理を行うプラズマプロセス装置であって、

- 該誘電体シャワープレート（１０３）と該非処理基体（１１４）との間に、該誘電体シャワープレートから放出されるガスとは異なる組成のガスを該非処理基
- 20 体側に放出する格子状シャワープレート（１１１；６００；７００）を有し、該誘電体シャワープレート（１０３）から放出されたガスのうち少なくとも一部は該格子状シャワープレートの開口部（２０６；６０７；７０７）を通過して該処理基体側に流れるように構成されていることを特徴とするプラズマプロセス装置。

- 25 2. 請求の範囲第１項記載のプラズマプロセス装置であって、前記格子状シャワープレート（１１１；６００）は金属管で構成され、該金属管の前記非処理基体側には複数のガス放出孔（２０３；６０３）が設けられ、且つ該金属管は接地されていることを特徴とするプラズマプロセス装置。

3. 請求の範囲第2項記載のプラズマプロセス装置であって、前記金属管はアルミニウムを含んだステンレスで構成され、表面は酸化アルミニウムを主体とする不働態膜で被覆されていることを特徴とするプラズマプロセス装置。

5 4. 請求の範囲第1項記載のプラズマプロセス装置であって、
前記誘電体シャワープレート(103)と前記格子状シャワープレート(111; 600; 700)とは実質的に互いに平行に配置されており、それらの間隔が前記マイクロ波の真空中での波長の $1/4$ 倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

10

5. 請求の範囲第1項乃至第4項のうちいずれか一項記載のプラズマプロセス装置であって、前記誘電体板(102)と前記誘電体シャワープレート(103)は実質的に平行に配置されており、前記誘電体板(102)の前記スロットアンテナ側の面と前記誘電体シャワープレート(103)の前記非処理基体側の面との間の距離が、前記マイクロ波の該当部における波長の $1/4$ の奇数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

15

6. 請求の範囲第5項記載のプラズマプロセス装置であって、前記スロットアンテナ(110)と前記誘電体板(102)は実質的に互いに平行に配置されており、それらの間隔が前記マイクロ波の該当部における波長の $1/4$ の奇数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

20

7. 請求の範囲第1項乃至第4項のうちいずれか一項記載のプラズマプロセス装置であって、前記誘電体シャワープレート(103)の厚さが、前記マイクロ波の該当部における波長の $1/2$ の整数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

25

8. 請求の範囲第7項記載のプラズマプロセス装置であって、前記スロットアンテナ(110)と前記誘電体板(102)は実質的に互いに平行に配置され

ており、それらの間隔が前記マイクロ波の該当部における波長の $1/4$ の奇数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

9. 内部が減圧可能な容器（801）と、該容器内にガスを供給するガス供給システムと、該容器内に供給されたガスを排気するとともに該容器内を減圧するための排気システムとを有し、該容器（801）を構成する壁の一部はマイクロ波を実質的に損失なく透過する材料からなる平板状の誘電体板（802）であり、該容器の該誘電体板以外の壁の少なくとも一部は接地された金属壁であり、該誘電体板（802）および該金属壁と該容器内に励起されたプラズマの間には
5
10
15
マイクロ波を実質的に損失なく透過する材料からなる平板状の誘電体シャワープレート（803）を有し、該誘電体シャワープレートには複数のガス放出孔（807）が形成されており、該ガス供給システムにより供給されたガスのうち少なくとも一部は該金属壁と該誘電体シャワープレート（803）との間の隙間（804）を
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630
635
640
645
650
655
660
665
670
675
680
685
690
695
700
705
710
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
770
775
780
785
790
795
800
805
810
815
820
825
830
835
840
845
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
900
905
910
915
920
925
930
935
940
945
950
955
960
965
970
975
980
985
990
995
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
1040
1045
1050
1055
1060
1065
1070
1075
1080
1085
1090
1095
1100
1105
1110
1115
1120
1125
1130
1135
1140
1145
1150
1155
1160
1165
1170
1175
1180
1185
1190
1195
1200
1205
1210
1215
1220
1225
1230
1235
1240
1245
1250
1255
1260
1265
1270
1275
1280
1285
1290
1295
1300
1305
1310
1315
1320
1325
1330
1335
1340
1345
1350
1355
1360
1365
1370
1375
1380
1385
1390
1395
1400
1405
1410
1415
1420
1425
1430
1435
1440
1445
1450
1455
1460
1465
1470
1475
1480
1485
1490
1495
1500
1505
1510
1515
1520
1525
1530
1535
1540
1545
1550
1555
1560
1565
1570
1575
1580
1585
1590
1595
1600
1605
1610
1615
1620
1625
1630
1635
1640
1645
1650
1655
1660
1665
1670
1675
1680
1685
1690
1695
1700
1705
1710
1715
1720
1725
1730
1735
1740
1745
1750
1755
1760
1765
1770
1775
1780
1785
1790
1795
1800
1805
1810
1815
1820
1825
1830
1835
1840
1845
1850
1855
1860
1865
1870
1875
1880
1885
1890
1895
1900
1905
1910
1915
1920
1925
1930
1935
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
2055
2060
2065
2070
2075
2080
2085
2090
2095
2100
2105
2110
2115
2120
2125
2130
2135
2140
2145
2150
2155
2160
2165
2170
2175
2180
2185
2190
2195
2200
2205
2210
2215
2220
2225
2230
2235
2240
2245
2250
2255
2260
2265
2270
2275
2280
2285
2290
2295
2300
2305
2310
2315
2320
2325
2330
2335
2340
2345
2350
2355
2360
2365
2370
2375
2380
2385
2390
2395
2400
2405
2410
2415
2420
2425
2430
2435
2440
2445
2450
2455
2460
2465
2470
2475
2480
2485
2490
2495
2500
2505
2510
2515
2520
2525
2530
2535
2540
2545
2550
2555
2560
2565
2570
2575
2580
2585
2590
2595
2600
2605
2610
2615
2620
2625
2630
2635
2640
2645
2650
2655
2660
2665
2670
2675
2680
2685
2690
2695
2700
2705
2710
2715
2720
2725
2730
2735
2740
2745
2750
2755
2760
2765
2770
2775
2780
2785
2790
2795
2800
2805
2810
2815
2820
2825
2830
2835
2840
2845
2850
2855
2860
2865
2870
2875
2880
2885
2890
2895
2900
2905
2910
2915
2920
2925
2930
2935
2940
2945
2950
2955
2960
2965
2970
2975
2980
2985
2990
2995
3000
3005
3010
3015
3020
3025
3030
3035
3040
3045
3050
3055
3060
3065
3070
3075
3080
3085
3090
3095
3100
3105
3110
3115
3120
3125
3130
3135
3140
3145
3150
3155
3160
3165
3170
3175
3180
3185
3190
3195
3200
3205
3210
3215
3220
3225
3230
3235
3240
3245
3250
3255
3260
3265
3270
3275
3280
3285
3290
3295
3300
3305
3310
3315
3320
3325
3330
3335
3340
3345
3350
3355
3360
3365
3370
3375
3380
3385
3390
3395
3400
3405
3410
3415
3420
3425
3430
3435
3440
3445
3450
3455
3460
3465
3470
3475
3480
3485
3490
3495
3500
3505
3510
3515
3520
3525
3530
3535
3540
3545
3550
3555
3560
3565
3570
3575
3580
3585
3590
3595
3600
3605
3610
3615
3620
3625
3630
3635
3640
3645
3650
3655
3660
3665
3670
3675
3680
3685
3690
3695
3700
3705
3710
3715
3720
3725
3730
3735
3740
3745
3750
3755
3760
3765
3770
3775
3780
3785
3790
3795
3800
3805
3810
3815
3820
3825
3830
3835
3840
3845
3850
3855
3860
3865
3870
3875
3880
3885
3890
3895
3900
3905
3910
3915
3920
3925
3930
3935
3940
3945
3950
3955
3960
3965
3970
3975
3980
3985
3990
3995
4000
4005
4010
4015
4020
4025
4030
4035
4040
4045
4050
4055
4060
4065
4070
4075
4080
4085
4090
4095
4100
4105
4110
4115
4120
4125
4130
4135
4140
4145
4150
4155
4160
4165
4170
4175
4180
4185
4190
4195
4200
4205
4210
4215
4220
4225
4230
4235
4240
4245
4250
4255
4260
4265
4270
4275
4280
4285
4290
4295
4300
4305
4310
4315
4320
4325
4330
4335
4340
4345
4350
4355
4360
4365
4370
4375
4380
4385
4390
4395
4400
4405
4410
4415
4420
4425
4430
4435
4440
4445
4450
4455
4460
4465
4470
4475
4480
4485
4490
4495
4500
4505
4510
4515
4520
4525
4530
4535
4540
4545
4550
4555
4560
4565
4570
4575
4580
4585
4590
4595
4600
4605
4610
4615
4620
4625
4630
4635
4640
4645
4650
4655
4660
4665
4670
4675
4680
4685
4690
4695
4700
4705
4710
4715
4720
4725
4730
4735
4740
4745
4750
4755
4760
4765
4770
4775
4780
4785
4790
4795
4800
4805
4810
4815
4820
4825
4830
4835
4840
4845
4850
4855
4860
4865
4870
4875
4880
4885
4890
4895
4900
4905
4910
4915
4920
4925
4930
4935
4940
4945
4950
4955
4960
4965
4970
4975
4980
4985
4990
4995
5000
5005
5010
5015
5020
5025
5030
5035
5040
5045
5050
5055
5060
5065
5070
5075
5080
5085
5090
5095
5100
5105
5110
5115
5120
5125
5130
5135
5140
5145
5150
5155
5160
5165
5170
5175
5180
5185
5190
5195
5200
5205
5210
5215
5220
5225
5230
5235
5240
5245
5250
5255
5260
5265
5270
5275
5280
5285
5290
5295
5300
5305
5310
5315
5320
5325
5330
5335
5340
5345
5350
5355
5360
5365
5370
5375
5380
5385
5390
5395
5400
5405
5410
5415
5420
5425
5430
5435
5440
5445
5450
5455
5460
5465
5470
5475
5480
5485
5490
5495
5500
5505
5510
5515
5520
5525
5530
5535
5540
5545
5550
5555
5560
5565
5570
5575
5580
5585
5590
5595
5600
5605
5610
5615
5620
5625
5630
5635
5640
5645
5650
5655
5660
5665
5670
5675
5680
5685
5690
5695
5700
5705
5710
5715
5720
5725
5730
5735
5740
5745
5750
5755
5760
5765
5770
5775
5780
5785
5790
5795
5800
5805
5810
5815
5820
5825
5830
5835
5840
5845
5850
5855
5860
5865
5870
5875
5880
5885
5890
5895
5900
5905
5910
5915
5920
5925
5930
5935
5940
5945
5950
5955
5960
5965
5970
5975
5980
5985
5990
5995
6000
6005
6010
6015
6020
6025
6030
6035
6040
6045
6050
6055
6060
6065
6070
6075
6080
6085
6090
6095
6100
6105
6110
6115
6120
6125
6130
6135
6140
6145
6150
6155
6160
6165
6170
6175
6180
6185
6190
6195
6200
6205
6210
6215
6220
6225
6230
6235
6240
6245
6250
6255
6260
6265
6270
6275
6280
6285
6290
6295
6300
6305
6310
6315
6320
6325
6330
6335
6340
6345
6350
6355
6360
6365
6370
6375
6380
6385
6390
6395
6400
6405
6410
6415
6420
6425
6430
6435
6440
6445
6450
6455
6460
6465
6470
6475
6480
6485
6490
6495
6500
6505
6510
6515
6520
6525
6530
6535
6540
6545
6550
6555
6560
6565
6570
6575
6580
6585
6590
6595
6600
6605
6610
6615
6620
6625
6630
6635
6640
6645
6650
6655
6660
6665
6670
6675
6680
6685
6690
6695
6700
6705
6710
6715
6720
6725
6730
6735
6740
6745
6750
6755
6760
6765
6770
6775
6780
6785
6790
6795
6800
6805
6810
6815
6820
6825
6830
6835
6840
6845
6850
6855
6860
6865
6870
6875
6880
6885
6890
6895
6900
6905
6910
6915
6920
6925
6930
6935
6940
6945
6950
6955
6960
6965
6970
6975
6980
6985
6990
6995
7000
7005
7010
7015
7020
7025
7030
7035
7040
7045
7050
7055
7060
7065
7070
7075
7080
7085
7090
7095
7100
7105
7110
7115
7120
7125
7130
7135
7140
7145
7150
7155
7160
7165
7170
7175
7180
7185
7190
7195
7200
7205
7210
7215
7220
7225
7230
7235
7240
7245
7250
7255
7260
7265
7270
7275
7280
7285
7290
7295
7300
7305
7310
7315
7320
7325
7330
7335
7340
7345
7350
7355
7360
7365
7370
7375
7380
7385
7390
7395
7400
7405
7410
7415
7420
7425
7430
7435
7440
7445
7450
7455
7460
7465
7470
7475
7480
7485
7490
7495
7500
7505
7510
7515
7520
7525
7530
7535
7540
7545
7550
7555
7560
7565
7570
7575
7580
7585
7590
7595
7600
7605
7610
7615
7620
7625
7630
7635
7640
7645
7650
7655
7660
7665
7670
7675
7680
7685
7690
7695
7700
7705
7710
7715
7720
7725
7730
7735
7740
7745
7750
7755
7760
7765
7770
7775
7780
7785
7790
7795
7800
7805
7810
7815
7820
7825
7830
7835
7840
7845
7850
7855
7860
7865
7870
7875
7880
7885
7890
7895
7900
7905
7910
7915
7920
7925
7930
7935
7940
7945
7950
7955
7960
7965
7970
7975
7980
7985
7990
7995
8000
8005
8010
8015
8020
8025
8030
8035
8040
8045
8050
8055
8060
8065
8070
8075
8080
8085
8090
8095
8100
8105
8110
8115
8120
8125
8130
8135
8140
8145
8150
8155
8160
8165
8170
8175
8180
8185
8190
8195
8200
8205
8210
8215
8220
8225
8230
8235
8240
8245
8250
8255
8260
8265
8270
8275
8280
8285
8290
8295
8300
8305
8310
8315
8320
8325
8330
8335
8340
8345
8350
8355
8360
8365
8370
8375
8380
8385
8390
8395
8400
8405
8410
8415
8420
8425
8430
8435
8440
8445
8450
8455
8460
8465
8470
8475
8480
8485
8490
8495
8500
8505
8510
8515
8520
8525
8530
8535
8540
8545
8550
8555
8560
8565
8570
8575
8580
8585
8590
8595
8600
8605
8610
8615
8620
8625
8630
8635
8640
8645
8650
8655
8660
8665
8670
8675
8680
8685
8690
8695
8700
8705
8710
8715
8720
8725
8730
8735
8740
8745
8750
8755
8760
8765
8770
8775
8780
8785
8790
8795
8800
8805
8810
8815
8820
8825
8830
8835
8840
8845
8850
8855
8860
8865
8870
8875
8880
8885
8890
8895
8900
8905
8910
8915
8920
8925
8930
8935
8940
8945
8950
8955
8960
8965
8970
8975
8980
8985
8990
8995
9000
9005
9010
9015
9020
9025
9030
9035
9040
9045
9050
9055
9060
9065
9070
9075
9080
9085
9090
9095
9100
9105
9110
9115
9120
9125
9130
9135
9140
9145
9150
9155
9160
9165
9170
9175
9180
9185
9190
9195
9200
9205
9210
9215
9220
9225
9230
9235
9240
9245
9250
9255
9260
9265
9270
9275
9280
9285
9290
9295
9300
9305
9310
9315
9320
9325
9330
9335
9340
9345
9350
9355
9360
9365
9370
9375
9380
9385
9390
9395
9400
9405
9410
9415
9420
9425
9430
9435
9440
9445
9450
9455
9460
9465
9470
9475
9480
9485
9490
9495
9500
9505
9510
9515
9520
9525
9530
9535
9540
9545
9550
9555
9560
9565
9570
9575
9580
9585
9590
9595
9600
9605
9610
9615
9620
9625
9630
9635
9640
9645
9650
9655
9660
9665
9670
9675
9680
9685
9690
9695
9700
9705
9710
9715
9720
9725
9730
9735
9740
9745
9750
9755
9760
9765
9770
9775
9780
9785
9790
9795
9800
9805
9810
9815
9820
9825
9830
9835
9840
9845
9850
9855
9860
9865
9870
9875
9880
9885
9890
9895
9900
9905
9910
9915
9920
9925
9930
9935
9940
9945
9950
9955
9960
9965
9970
9975
9980
9985
9990
9995
10000
10005
10010
10015
10020
10025
10030
10035
10040
10045
10050
10055
10060
10065
10070
10075
10080
10085
10090
10095
10100
10105
10110
10115
10120
10125
1

1 1. 請求の範囲第10項記載のプラズマプロセス装置であって、前記金属管はアルミニウムを含んだステンレスで構成され、表面は酸化アルミニウムを主体とする不働態膜で被覆されていることを特徴とするプラズマプロセス装置。

5 1 2. 請求の範囲第9項乃至第11項のうちいずれか一項記載のプラズマプロセス装置であって、前記誘電体シャワープレート(803)と前記格子状シャワープレート(809)は実質的に互いに平行に配置されており、それらの間隔が前記マイクロ波の真空中での波長の $1/4$ 倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

10

1 3. 内部が減圧可能な容器(101)と、該容器内にガスを供給するガス供給システムと、該容器内に供給されたガスを排気するとともに該容器内を減圧するための排気システムとを有し、該容器を構成する壁の一部はマイクロ波を実質的に損失なく透過する材料からなる平板状の誘電体板(102)であり、該誘電体板と該容器内に励起されたプラズマの間にはマイクロ波を実質的に損失なく透過する材料からなる平板状の誘電体シャワープレート(103)を有し、該誘電体シャワープレートには複数のガス放出孔(107)が形成されており、該ガス供給システムにより供給されたガスのうち少なくとも一部は該誘電体板(102)と該誘電体シャワープレート(103)との間の隙間(104)を通して該複数のガス放出孔(107)から放出されるように構成されており、該誘電体板(102)を挟んで該容器(101)の外側には該誘電体板を通してプラズマ励起用のマイクロ波を供給するための平板状のスロットアンテナ(110)を有し、該容器の内側には非処理基体(114)を保持する電極(115)を設け、該非処理基体に対して処理を行うプラズマプロセス装置であって、

25 該スロットアンテナ(110)、該誘電体板(102)、該誘電体シャワープレート(103)はそれぞれ実質的に互いに平行に配置されており、該誘電体板(102)の該スロットアンテナ側の面と該誘電体シャワープレート(103)の該非処理基体側の面との間の距離が、該マイクロ波の該当部における波長の $1/4$ の奇数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

14. 請求の範囲第13項記載のプラズマプロセス装置であって、前記誘電体シャワープレート（103）の厚さが、前記マイクロ波の該当部における波長の $1/2$ の整数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

- 5 15. 請求の範囲第13項又は第14項記載のプラズマプロセス装置であって、前記スロットアンテナ（110）と前記誘電体板（102）との間隔が、前記マイクロ波の該当部における波長の $1/4$ の奇数倍に実質的に等しいことを特徴とするプラズマプロセス装置。

10

15

20

25

FIG.1

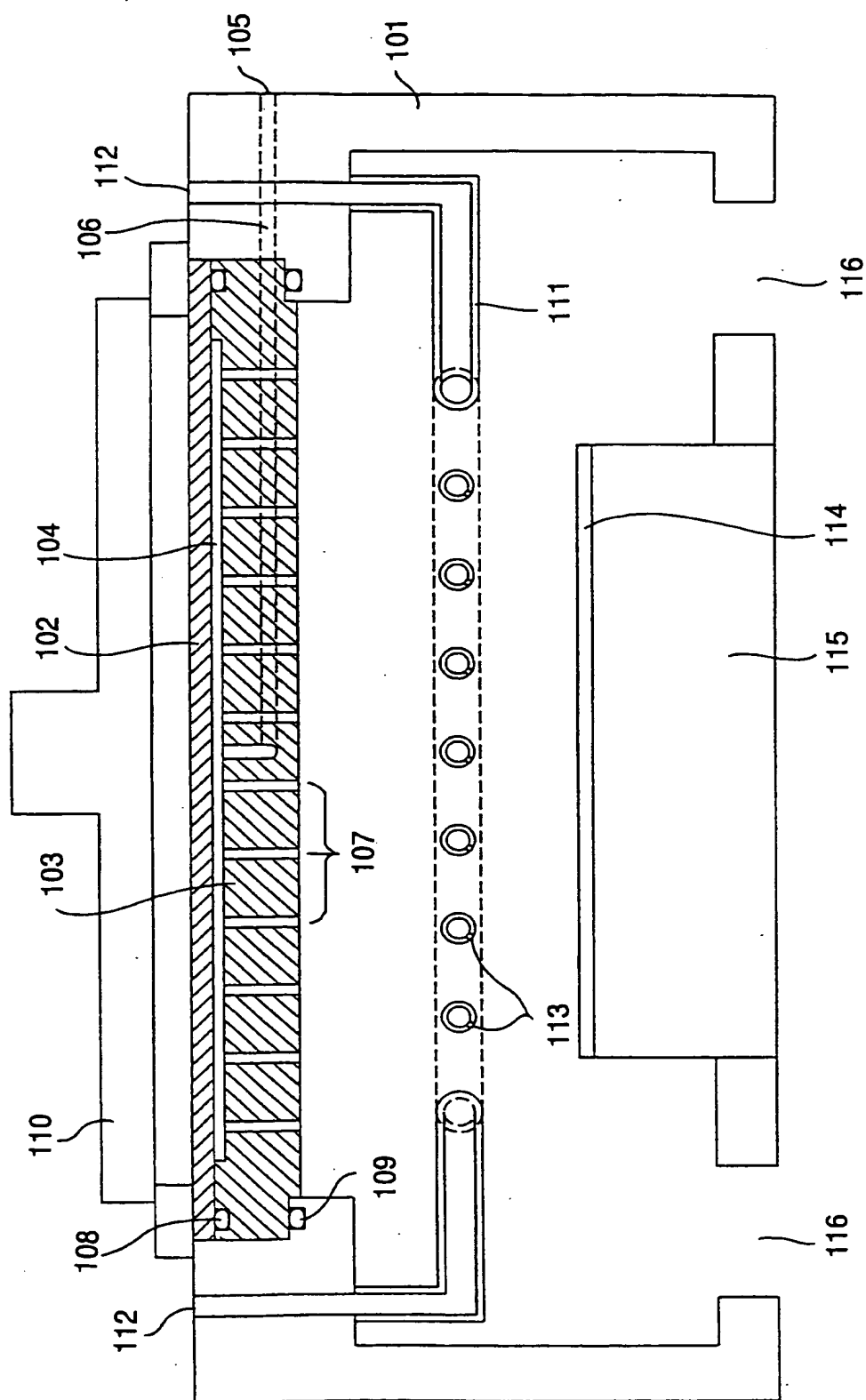


FIG.2

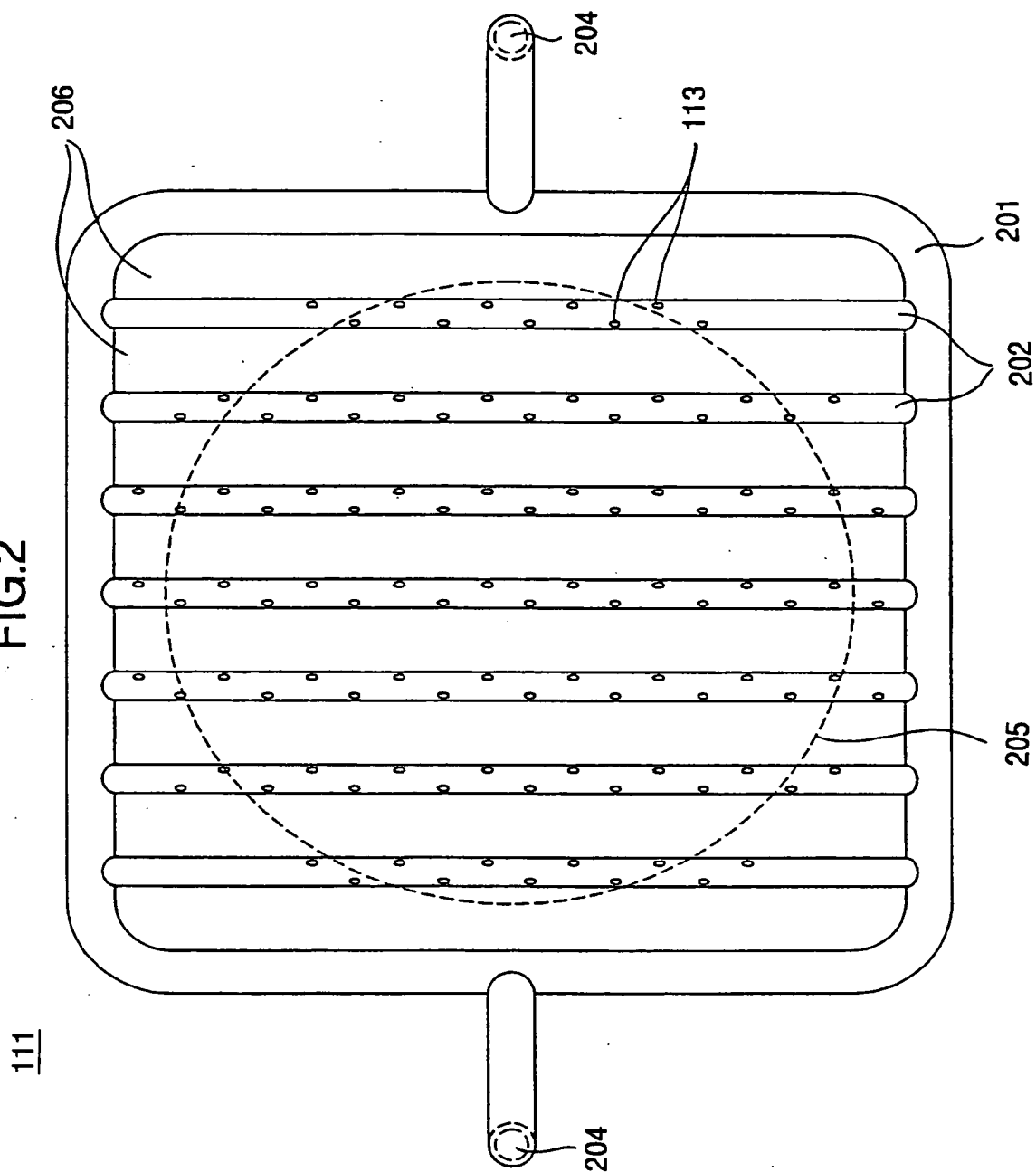


FIG.3

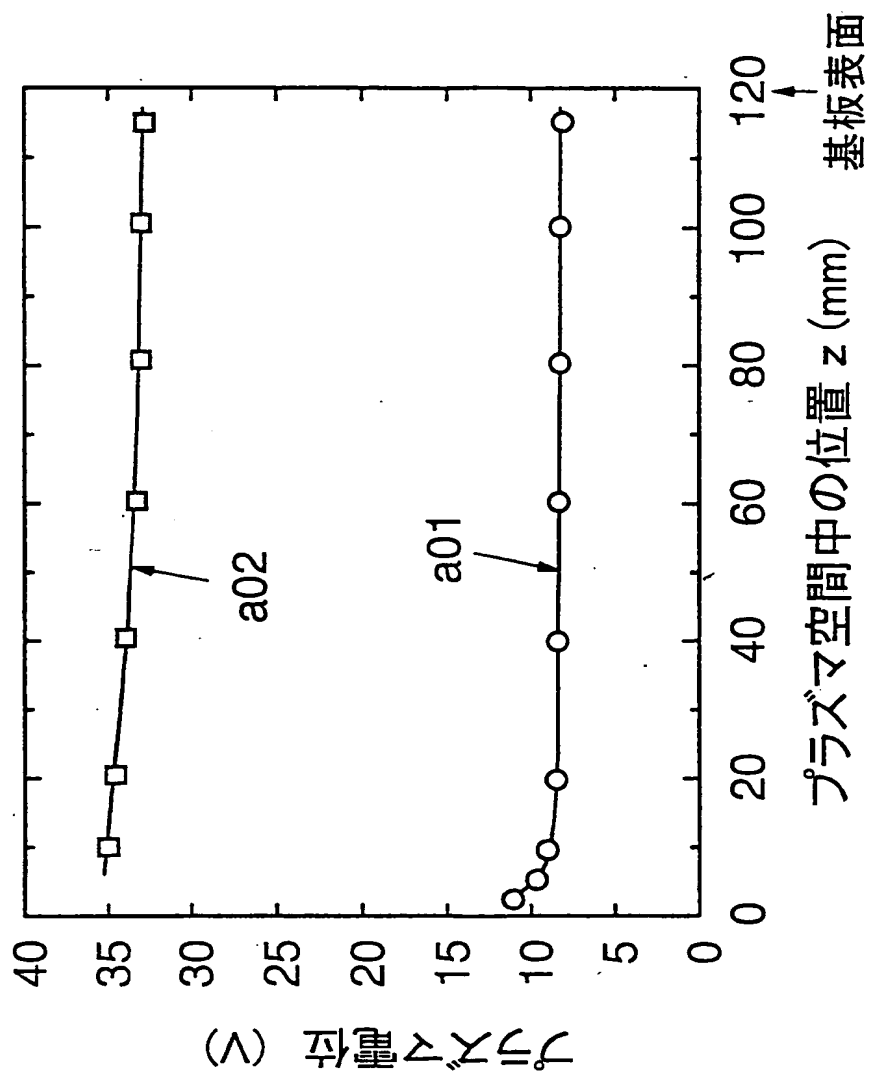


FIG.4

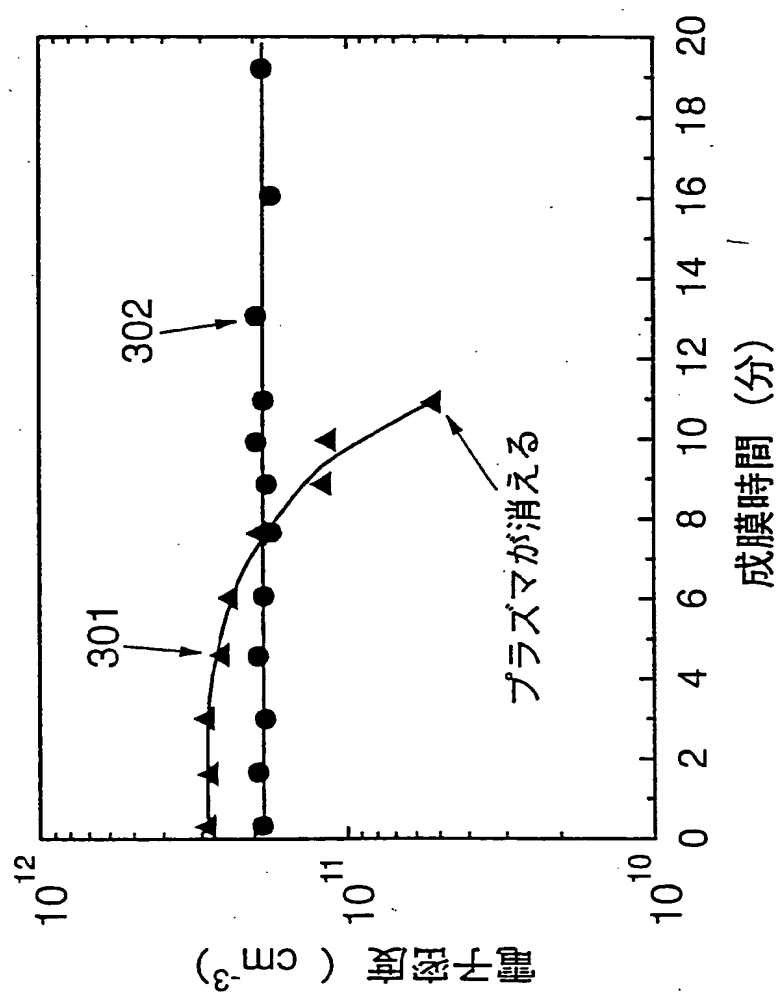


FIG.5

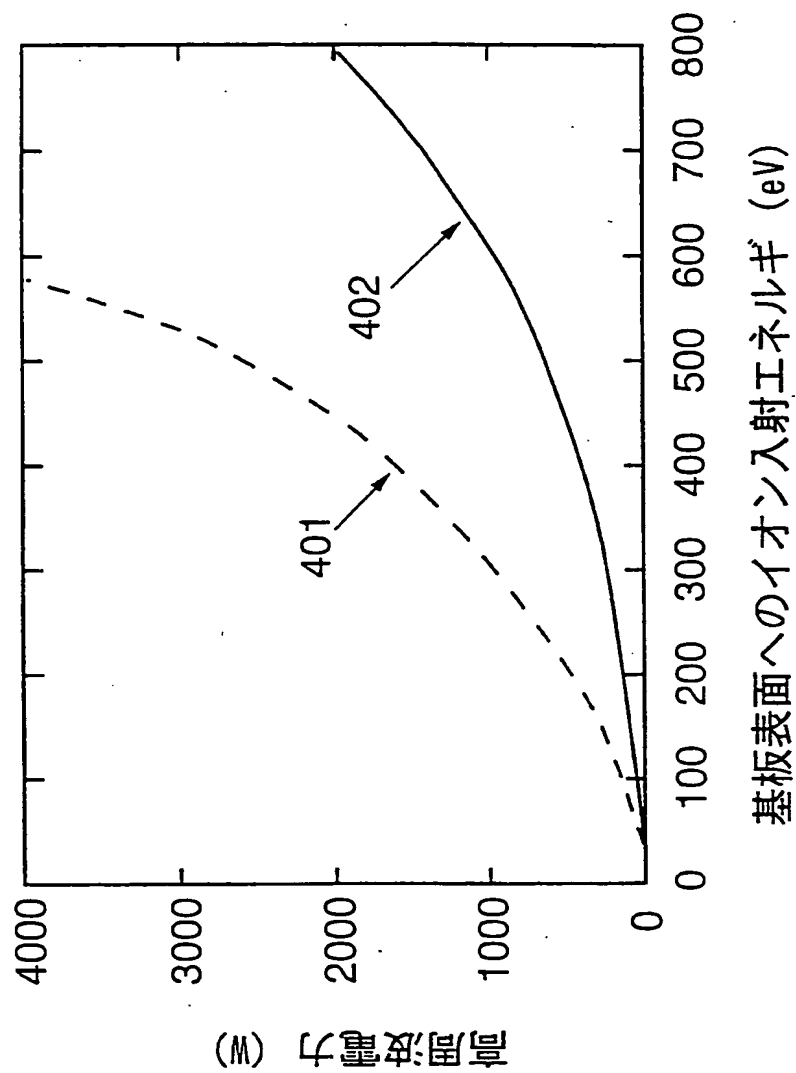


FIG.6

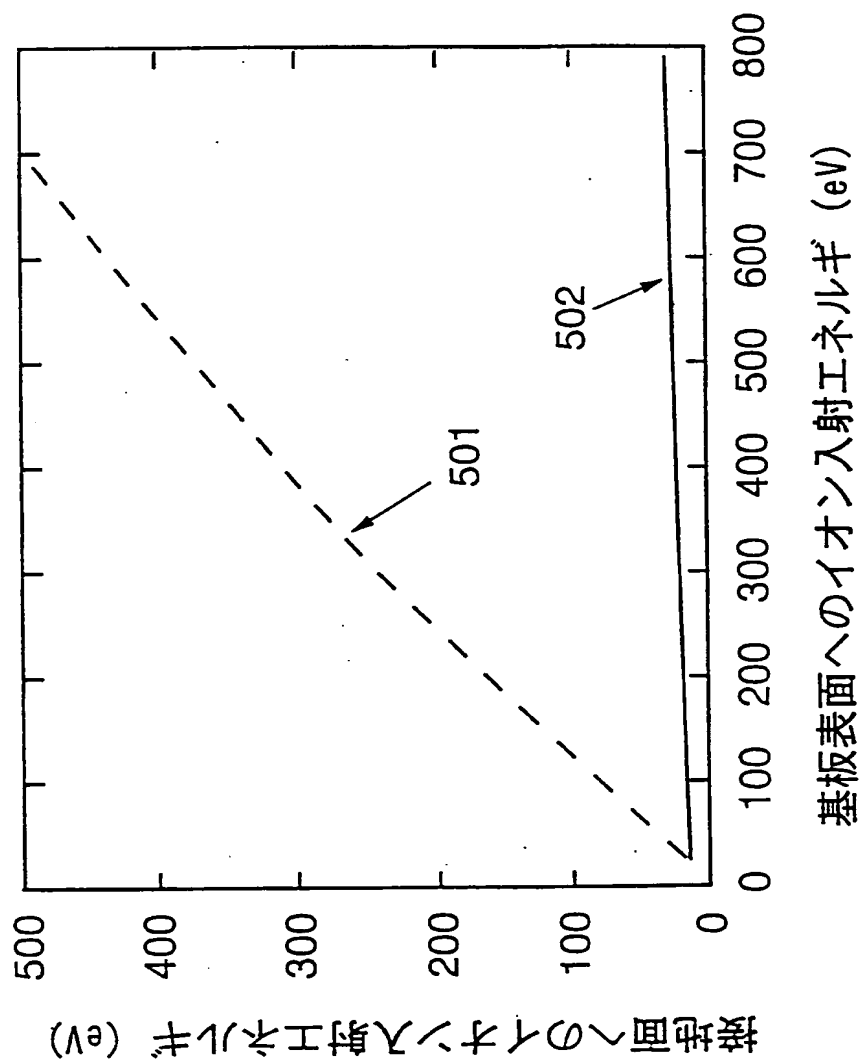


FIG.7

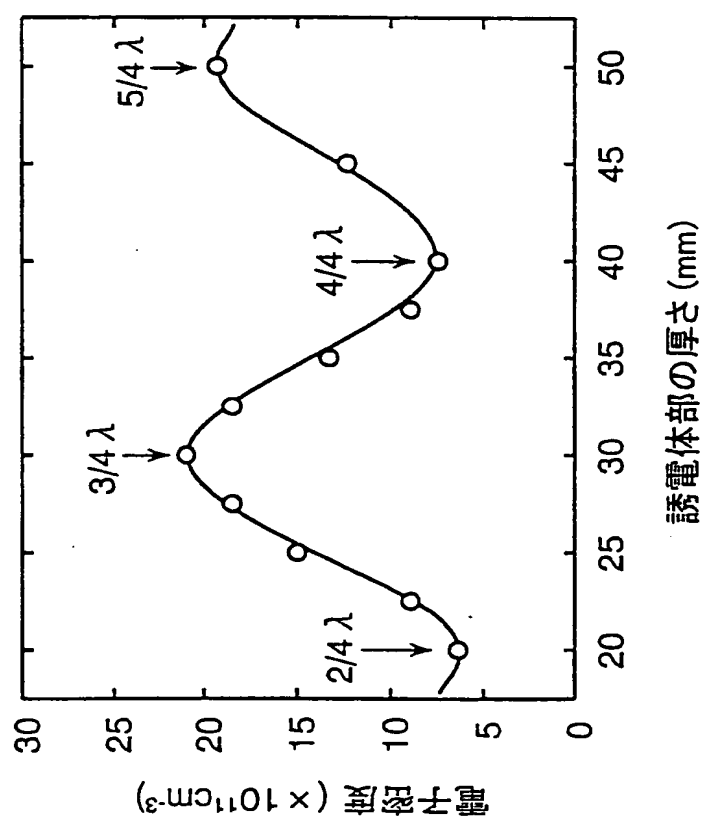


FIG.8

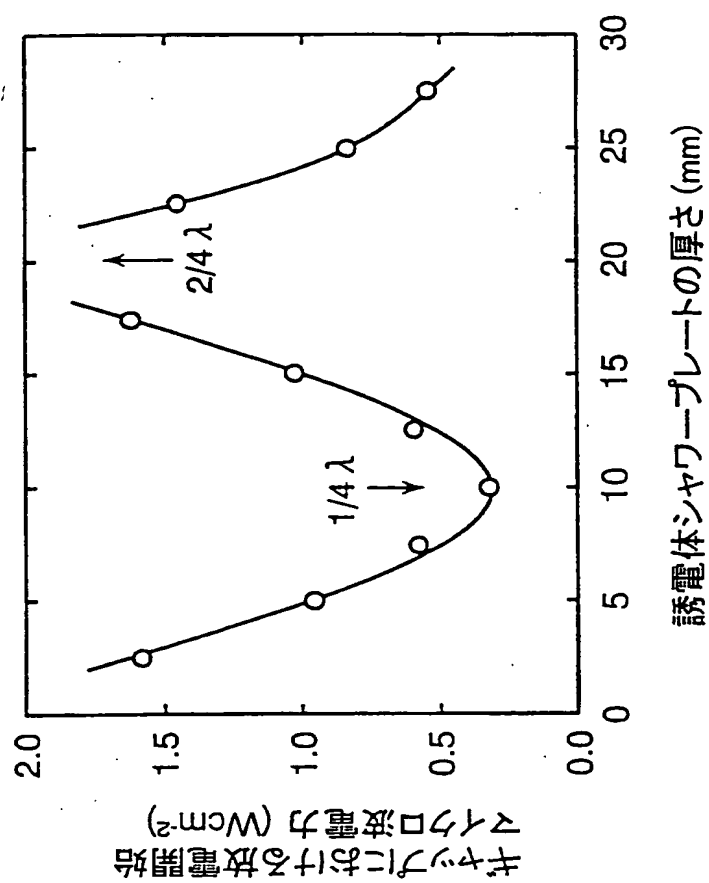


FIG.9

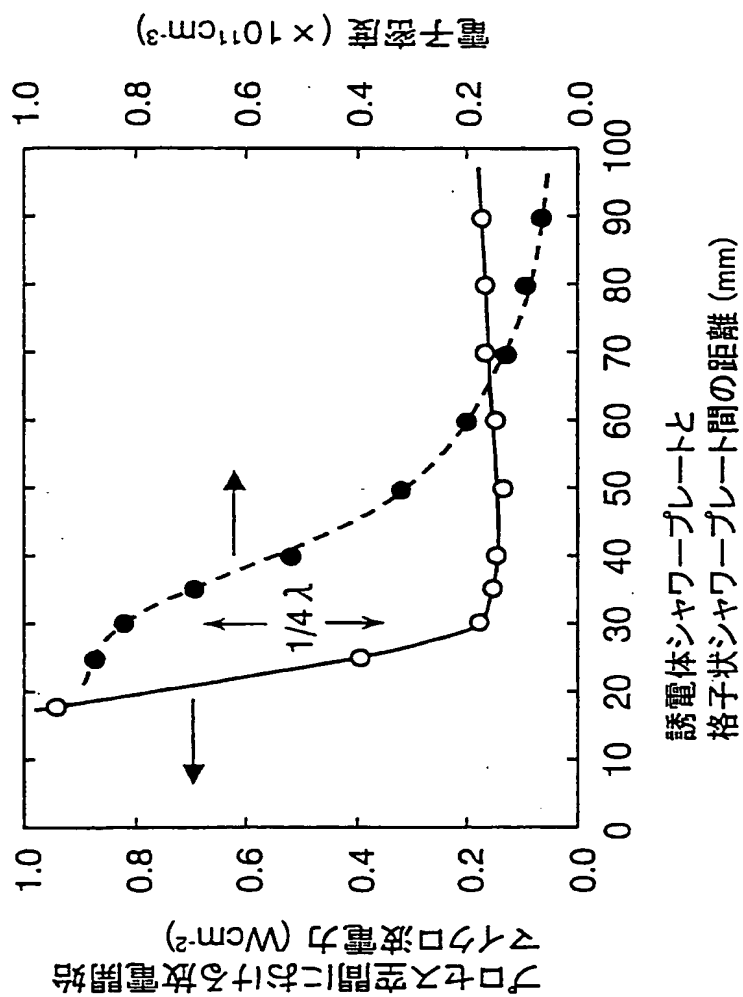
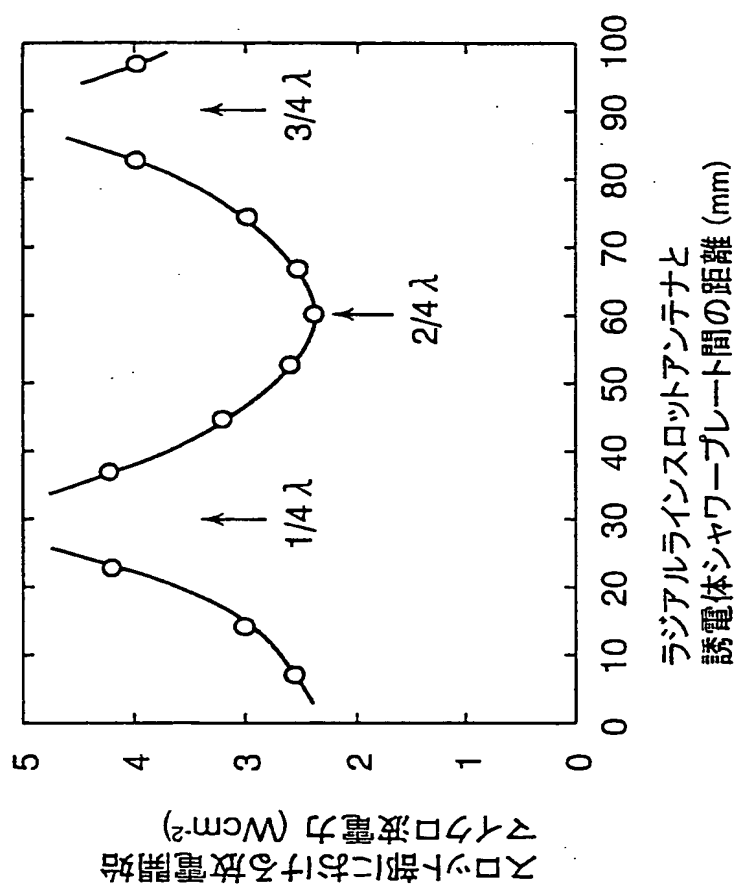
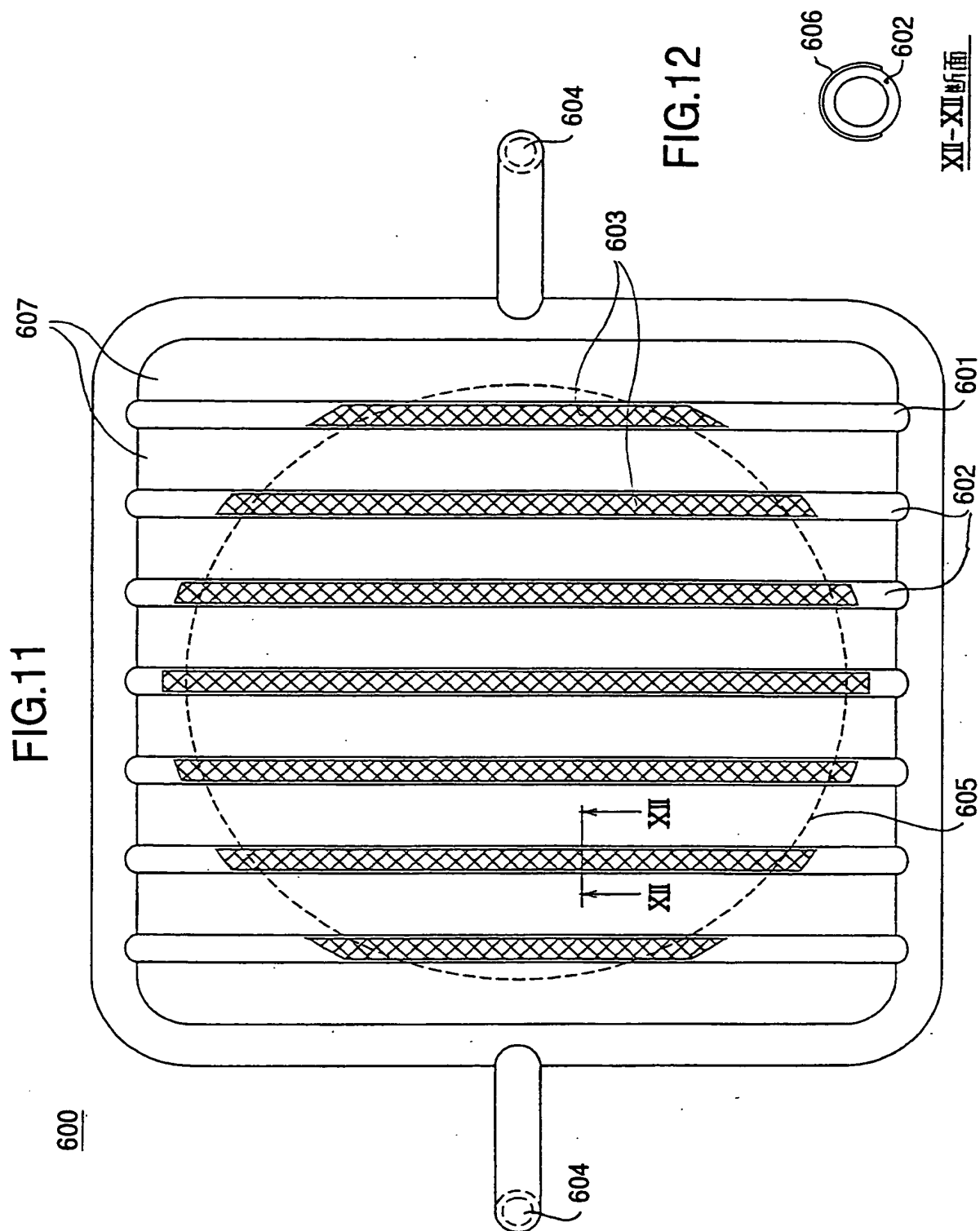


FIG.10





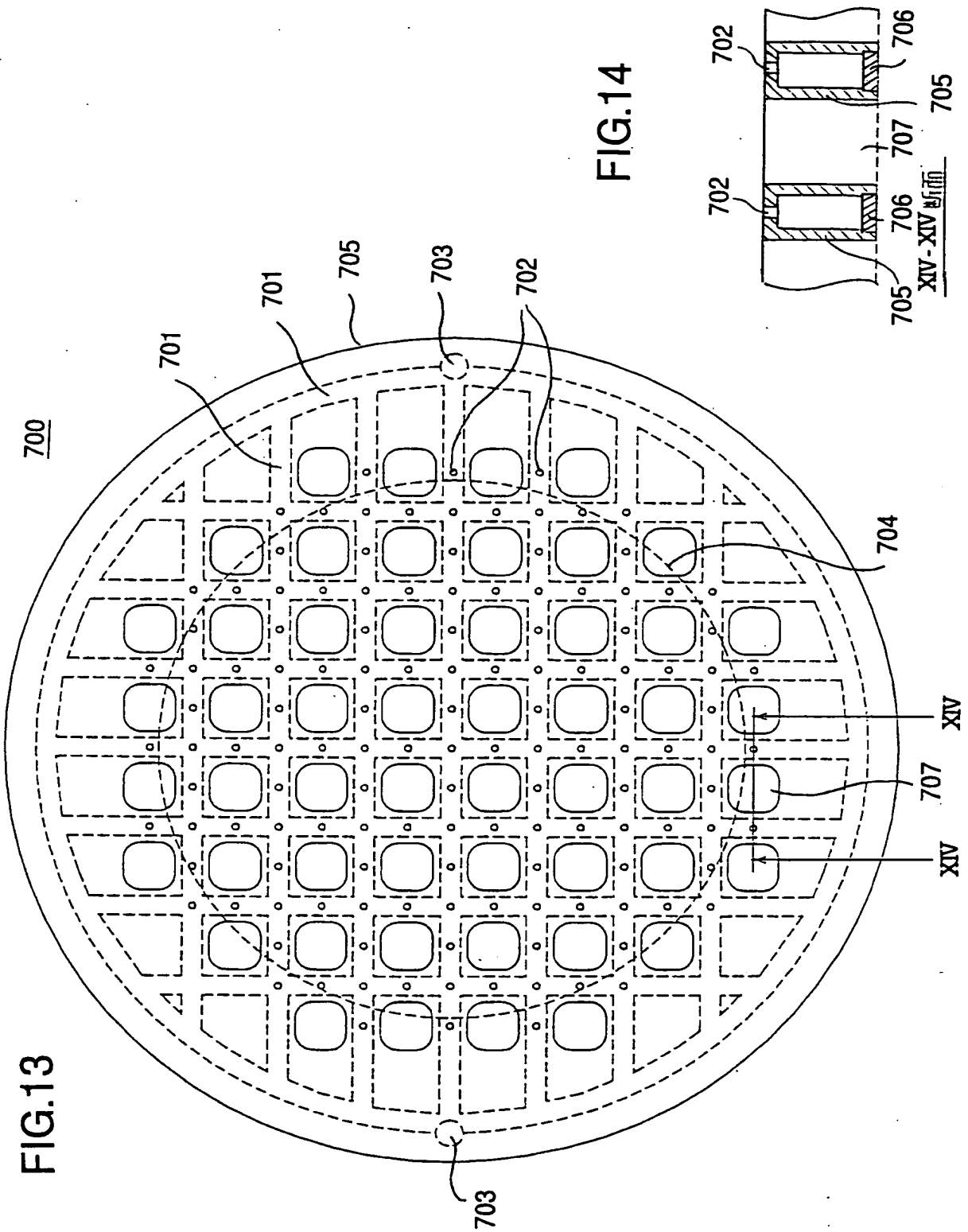
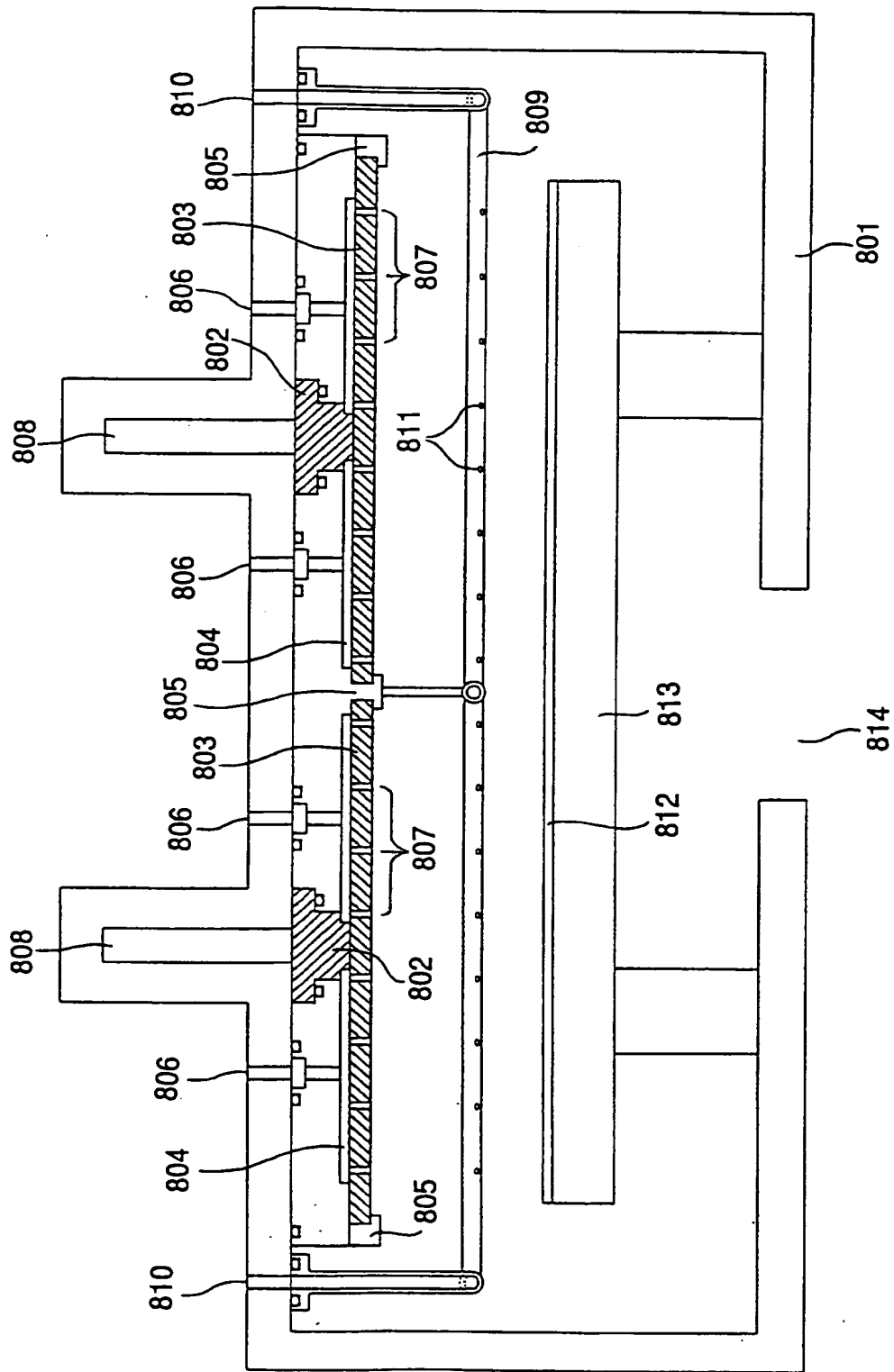


FIG.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/03365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/3065, H01L21/205, H05H1/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/3065, H01L21/205, H05H1/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1940-1997	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2000	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO, 98-33362, A1 (Tadahiro OHMI), 30 July, 1998 (30.07.98), the whole specification; especially, Figs.3,10,12; implementation example 7 related to Fig. 15 (Family: none)	1-15
Y	JP, 6-260434, A (Nissin Electric Co., Ltd.), 16 September, 1994 (16.09.94), Fig. 1; table 1; column 4, line 7 to column 6, line 30 (Family: none)	1-15
Y	WO, 97-48834, A1 (Tadahiro OHMI, et al.), 24 December, 1997 (24.12.97), Claims 1 to 9 (Family: none)	3,11
Y	JP, 11-302824, A (Tadahiro OHMI, et al.), 02 November, 1999 (02.11.99), Claims 1 to 17 (Family: none)	3,11
Y	JP, 2-52328, U (Kyocera Corporation), 16 April, 1990 (16.04.90), Fig. 1; page 5, line 7 to page 9, line 6 (Family: none)	9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
17 August, 2000 (17.08.00)

Date of mailing of the international search report
29 August, 2000 (29.08.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/03365

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/3065, H01L21/205, H05H1/46

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/3065, H01L21/205, H05H1/46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1997年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

日本国登録実用新案公報 1994-2000年

日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO, 98-33362, A1 (大見忠弘), 30. 7月. 1998 (30. 07. 98), 明細書全部, 特に図3, 及び図10, 図12, 図15に係る実施例7 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP, 6-260434, A (日新電機株式会社), 16. 9月. 1994 (16. 09. 94), 図1, 表1, 第4欄, 第7行-第6欄, 第30行 (ファミリーなし)	1-15
Y	WO, 97-48834, A1 (大見忠弘, 外1名), 24. 12月. 1997 (24. 12. 97), 請求項1-請求項9 (ファ	3, 11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 08. 00

国際調査報告の発送日

29.08.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤原 敬 士

4R

8406

電話番号 03-3581-1101 内線 6365

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	ミリーなし)	
Y	JP, 11-302824, A (大見忠弘, 外1名), 2. 11 月. 1999 (02. 11. 99), 請求項1-請求項17 (ファミ リリーなし)	3, 11
Y	JP, 2-52328, U (京セラ株式会社), 16. 4月. 1 990 (16. 04. 90), 第1図, 第5頁, 第7行-第9頁, 第6行 (ファミリーなし)	9